

AKVAKULTŪROS HIDROCHEMIJA

VADOVĖLIS

Parengė asociacija „Šilutės žuvininkystė vietos veiklos grupė“

Parengta įgyvendinant projektą Nr. VP1-2.2-ŠMM-04-V-03-022 „Žuvininkystės posričio modulinėms profesinio mokymo programoms skirtu mokymo priemonių rengimas ir modulių mokymo programų išbandymas“.

Turinys

1 SKYRIUS. VANDENINIŲ TIRPALŲ FIZIKOS IR CHEMIJOS PAGRINDAI.....	5
1.1 poskyris. Bendrosios nuostatos	5
1.2. poskyris. Elektrolitinė disociacija.....	7
1.3. poskyris. Vandens joninė sandauga. Tirpalo pH	12
1.4. poskyris. Tirpalų koncentracijos žymėjimo būdai.....	13
1.5. poskyris. Perėjimo formulės nuo vienu koncentracijos žymėjimų prie kitų	18
1.6. poskyris. Raulio dėsniai.....	19
1.7. poskyris. Dujų tirpumas skysčiuose.	20
2 SKYRIUS. GYVENAMOSIOS APLINKOS ĮTAKA ŽUVŲ MEDŽIAGŲ APYKAITAI IR JOS YPATUMAMS	22
2.1. poskyris. Žuvų organizmų medžiagų apytakos ratas vandens telkinyje.....	22
2.2. poskyris. Maisto komponentų transformacija žuvų virškinimo sistemoje.	24
2.3. poskyris. Vandens cheminės sudėties įtaka žuvų medžiagų apykaitai	31
2.4. poskyris. Fizikinių ir cheminių vandens savybių poveikis pagrindiniams žuvų organizmo biologiniams procesams. Žuvų medžiagų apykaitos priklausomumas nuo vandens temperatūros	37
3 SKYRIUS. VANDENS TELKINIO HIDROCHEMINIO REŽIMO PRODUKTYVUMO FORMAIVIMASIS	51
3.1. poskyris. Veiksniai, lemiantys vandens telkinio produktyvumą	51
3.2. poskyris. Edafiniai veiksniai.....	52
3.3. poskyris. Klimato ir hidrologiniai veiksniai	56
3.4. poskyris. Vandens temperatūros veiksniai, formuojantys hidrocheminį režimą.....	59
3.5. poskyris. Vandeningumo ir vandens apykaitos intensyvumo veiksniai	60
3.6. poskyris. Hidrodinaminiai veiksniai.....	62
3.7. poskyris. Hidrocheminės charakteristikos erdvės ir laiko pokyčių veiksniai.....	64
3.8. poskyris. Biogeninių medžiagų apytakos ciklo veiksniai.....	68
3.9. poskyris. Dugno nuosėdų specifika ir jų susidarymo veiksniai	78
4 SKYRIUS. VANDENS TOKSIKOLOGIJA	82
4.1. poskyris. Toksikologijos dalykas ir samprata	82
4.2. poskyris. Aplinkos tarša. Taršos rūšys	83
4.3. poskyris. Ekotoksikometrija	85
4.4. poskyris. Bandomųjų organizmų naudojimas atliekant toksikologinį eksperimentą	93
4.5. poskyris. Pagrindinės toksinių medžiagų klasės.....	95
4.6. poskyris. Ekologinės rizikos vertinimas.....	96
4.7. poskyris. Potencialių toksinių medžiagų atsiradimo aplinkoje šaltiniai.....	100
4.8. poskyris. Toksinių medžiagų patekimas į organizmą ir jų transformacijos. Aplinkos veiksnių ir organizmo savybių įtaka toksinio efekto laipsniui	102



4.8.1. poskyris. Mikroelementai ekosistemose.....	102
4.8.2. poskyris. Pesticidai	112
4.8.3. poskyris. Dioksinai	114
4.9. poskyris. Toksikologinis normavimas ir prisitaikymas (adaptacija) prie toksikantų poveikio	116
5 SKYRIUS. ĮVAIRIŲ VANDENS TELKINIŲ TIPŲ HIDROCHEMINIAI YPATUMAI.....	126
5.1. poskyris. Upės	126
5.2. poskyris. Ežerai	133
5.3. poskyris. Tvenkiniai ir telkiniai-aušintuvai	140
5.4. poskyris. Žuvivaisos tvenkiniai	147
6 SKYRIUS. HIDROCHEMINIŲ RODIKLIŲ KONTROLĖS YPATUMAI UŽDAROSE RECIRKULIACINĖSE SISTEMOSE	149
6.1. poskyris. Bendrosios nuostatos	149
6.2. poskyris. Biologinio valymo procesai	149
6.3. poskyris. Degazacija, aeracija ir nuvalymas.....	154
6.4. poskyris. Oksigenacija.....	156
6.5. poskyris. Ultravioletinė spinduliuotė.....	158
6.6. poskyris. Ozonas.....	158
6.7. poskyris. pH lygio reguliavimas	159
6.8. poskyris. Šilumos perdavimas	159
6.9. poskyris. Stebėjimo, kontrolės ir signalizacijos sistema	160
6.10. poskyris. Avarinės sistemos	161
6.11. poskyris. Tiekiamas vanduo	161
7 SKYRIUS. BIOPRODUKINIŲ PROCESŲ HIDROCHEMINĖ BIOINDIKACIJA	164
7.1. poskyris. Bendroji priėjimo kryptis	164
7.2. poskyris. Nuokrypio dydis nuo normalaus vandens prisotinimo deguonimi	165
7.3. poskyris. Biocheminis (biologinis) deguonies suvartojimas vandenyje (BDS, angl. biochemical oxygen demand, BOD)	167
7.4. poskyris. BDS ir oksidacija	170
7.5. poskyris. Pirminė produkcija ir žuvų produktyvumas.....	171
7.6. poskyris. Biotinis balansas	176
7.7. poskyris. Biogeninių ir organinių medžiagų balansas	178
7.8. poskyris. Hidrocheminiai rodikliai dirbtinės eutrofikacijos sąlygomis.....	179
8 SKYRIUS. VANDENS KOKYBĖS VERTINIMAS PAGAL HIDROCHEMINIUS RODIKLIUS.....	185
8.1. poskyris. Vandens kokybė.....	185
8.2. poskyris. Druskų sudėtis vandenyje	186
8.3. poskyris. Vandenių jonų koncentracijos ir toksiškumas	189
8.4. poskyris. Vandens pH pasikeitimas ir jo buferinė sistema.....	190
8.5. poskyris. Vandens tarša azotu	192

8.6. poskyris. Azoto taršos toksiškumas.....	194
8.6.1. poskyris. Amonio ir dujinio amoniako toksiškumas.	194
8.6.2. poskyris. Nitritų toksiškumas	196
8.6.3. poskyris. Nitratų toksiškumas	196
8.7. poskyris. Organinių skendinčių dalelių toksiškumas	197
8.8. poskyris. Vandens temperatūra.....	197
8.9. poskyris. Deguonis ir žuvų deguonies suvartojimas	199
8.10. poskyris. Medžiagos, ribojančios vandens taikymą žuvininkystėje.....	204
8.11. poskyris. Mikroelementų reikšmė	207
9 SKYRIUS. LABORATORINĖ ĮRANGA, NAUDOJAMA HIDROCHEMINEI ANALIZEI	210
9.1. poskyris. Elektromechaniniai analizės metodai.....	210
9.1.1. poskyris. Potenciometrija	210
9.1.2. poskyris. Oksimetrija.....	218
9.1.3. poskyris. Fotometrija ir spektrofotometrija	219
10. SKYRIUS. ŽODYNAS	230

1 SKYRIUS. VANDENINIŲ TIRPALŲ FIZIKOS IR CHEMIJOS PAGRINDAI

Pagrindinis tikslas: Išstudijuoti pagrindines sąvokas ir dėsnius, taikomus apibūdinti tirpalų savybes.

Tikslai:

1. Išstudijuoti pagrindines sąvokas, taikomas apibūdinti tirpalus.
2. Sužinoti apie elektrolitinės disociacijos procesą.
3. Suformuoti supratimą apie vandens sandaugą ir pH rodiklį.
4. Išstudijuoti pagrindinius tirpalų koncentracijos žymėjimo būdus.
5. Išstudijuoti perėjimo formules nuo vienu koncentracijos vertės vienetų prie kitų.
6. Išstudijuoti Raulio dėsnius, apibrėžiančius tirpalų savybių priklausomumą nuo ištirpintos medžiagos (tirpinio) koncentracijos.
7. Išstudijuoti dujų tirpumo tirpaluose klausimą.

1.1 poskyris. Bendrosios nuostatos

Tirpalais vadinamos homogeninės sistemos, kurių sudėtyje yra ne mažiau kaip dvi medžiagos. Egzistuoja kietųjų, skystųjų ir dujinių medžiagų tirpalai skystuose tirpikliuose bei kietųjų, skystųjų ir dujinių medžiagų vienalyčiai mišiniai (tirpalai). Medžiaga, kurios kiekis yra didesnis, o agregatinė būseną yra tokia pati, kaip ir tirpalo, paprastai laikoma tirpikliu, o mažesnio kiekio komponentas – ištirpinta medžiaga (tirpinis). Priklausomai nuo tirpiklio agregatinės būsenos, išskiriami dujiniai, skystieji ir kietieji tirpalai.

Vykstant tirpimo procesui, tirpinamos medžiagos (tirpinio) dalelės (jonai arba molekulės), veikiamos chaotiškai judančių tirpiklio dalelių, pereina į tirpalą. Dėl chaotiškai judančių dalelių judėjimo, tirpinamos medžiagos dalelės sudaro kokybišką naują vienalytę sistemą. Skirtingų medžiagų gebėjimas sudaryti tirpalus pasireiškia skirtingais būdais. Vienos medžiagos gali susimaišyti tarpusavyje bet kokių santykiu (vanduo ir alkoholis), o kitos – ribotu santykiu (natrio chloridas ir vanduo).

Remiantis molekuline kinetine teorija, medžiagos tirpimas skystyje vyksta tokia tvarka: įdėjus bet kokios kietos medžiagos, pavyzdžiui, valgomosios druskos į vandenį, paviršiuje esančios Na^+ ir Cl^- jonų dalelės dėl svyruojamojo judėjimo, kuris stiprėja susiduriant dalelėms, gali atsiskirti ir pereiti į tirpiklį. Išnykus paviršiniam sluoksniui, šis procesas tęsiasi kituose atviruose kristalų dalelių sluoksniuose. Tokiu būdu kristalą sudarančios dalelės (jonai arba



molekulės) palaipsniui pereina į tirpalą. Taip tirpimo vandenyje metu vyksta NaCl jonų kristalų gardelių, susidedančių iš polinių molekulių, irimas. Tirpstant medžiagoms (pavyzdžiui, sacharozei), kurių kristaluose nėra jonų, į tirpalą pereina neutralios molekulės.

Dėl difuzijos, į tirpalą patekusios dalelės pasiskirsto visame tirpiklio tūryje. Kita vertus, didėjant koncentracijai, nuolat judančios dalelės (jonai, molekulės), kurios susiduria su kietu, dar neištirpusios medžiagos paviršiumi, gali ant jo užsilaikyti. Vadinasi, tirpimo procesą visuomet lydi grįžtamasis reiškinys – kristalizacija. Gali ateiti toks momentas, kai vienu metu iš tirpalo išsiskirs tiek pat dalelių (jonų, molekulių), kiek jų pereina į tirpalą – susidarys pusiausvyra.

Pagal į tirpalą pereinančių arba iš tirpalo išsiskiriančių dalelių kiekio santykį išskiriami *prisotintieji*, *neprisotintieji* ir *persotintieji* tirpalai. Pagal tirpinio ir tirpiklio santykinį kiekį, tirpalai gali būti *praskiestieji* ir *koncentruotieji*.

Tirpalas, kuriame tam tikra medžiaga, esant tam tikrai temperatūrai, nebetirpsta, t. y. tirpalas, esantis pusiausvyroje su tirpinama medžiaga, vadinamas prisotintuoju, o tirpalas, kuriame dar galima ištirpinti papildomą šios medžiagos kiekį – neprisotintuoju.

Prisotintajame tirpale yra didžiausias įmanomas (šiomis sąlygomis) ištirpusios medžiagos kiekis. Vadinasi, prisotintasis tirpalas – tai toks tirpalas, kuris yra pusiausvyroje su ištirpintos medžiagos pertekliumi. Šios medžiagos prisotintojo tirpalo koncentracija (tirpumas) tam tikromis būtinomis sąlygomis (temperatūra, tirpiklis) yra pastovi vertė.

Tirpalas, kuriame ištirpintos medžiagos yra daugiau nei turėtų būti prisotintajame tirpale, vadinamas persotintuoju. Persotintieji tirpalai, kuriuose stebimas savaiminis perėjimas į pusiausvyros būseną, yra nestabilios, nepusiausvyrinės sistemos. Vykstant šiam procesui, išsiskiria ištirpintos medžiagos perteklius ir tirpalas tampa prisotintuoju.

Prisotintojo ir neprisotintojo tirpalo negalima painioti su *praskiestaisiais* ir *koncentruotaisiais* tirpalais. Praskiestieji tirpalai – tai tirpalai, kuriuose yra nedidelis kiekis ištirpintos medžiagos; koncentruotieji tirpalai – tai tirpalai, kuriuose yra didelis kiekis ištirpintos medžiagos. Pabrėžtina, kad praskiestojo ir koncentruotojo tirpalo sąvokos yra sąlyginės ir apibrėžia tik tirpinio ir tirpiklio kiekių tirpale santykį. Mažai tirpių medžiagų prisotintieji tirpalai yra praskiesti, o tirpiųjų medžiagų tirpalai yra gana koncentruoti, nors ir neprisotinti. Priklausomai nuo to, ar tirpalo komponentai yra elektriškai neutralios ar įelektrintos dalelės, tirpalai gali būti *molekuliniai* (*neelektrolitiniai* tirpalai) ir *joniniai* (*elektrolitiniai* tirpalai). Vienas iš elektrolitiniams tirpalams būdingų ypatumų yra jų laidumas elektrai. Medžiagos, kurios tirpaluose ar lyduose išsiskaido į jonus ir todėl yra laidžios elektrai, vadinamos *elektrolitais*. Medžiagos, kurios tokiomis pačiomis sąlygomis neišsiskaido į jonus ir yra nelaidžios elektros srovei, vadinamos *neelektrolitais*.

Elektrolitams priskiriamos rūgštys, bazės ir beveik visos druskos, neelektrolitams – didžioji dalis organinių junginių bei medžiagos, kurių molekulėse yra tik kovalentinių nepolinių arba mažai polinių ryšių.

Elektrolitai yra antrosios rūšies laidininkai (pirmosios rūšies laidininkai – tai metalai). Tirpale arba lydale jie išsiskaido į *jonus*, dėl to jais ir teka elektros srovė. Akivaizdu, kad kuo daugiau jonų yra tirpale, tuo jis laidesnis elektros srovei. Grynas vanduo yra beveik nelaidus elektrai. Elektrolitų skaidymas į jonus, jiems tirpstant vandenyje, vadinamas *elektrolitine disociacija*.

Pavyzdžiui, tirpdamas vandenyje, natrio chloridas NaCl visiškai išsiskaido į natrio jonus Na^+ ir chlorido jonus Cl^- . Vanduo sudaro tik labai nedidelį kiekį vandenilio jonų H^+ ir hidroksido jonų OH^- .

Elektrolitai gali būti stiprieji ir silpnieji.

Stiprieji elektrolitai, tirpdami vandenyje, beveik visiškai disocijuoja į jonus. Jiems priskiriamos toliau išvardytos medžiagos:

- 1) beveik visos druskos, pavyzdžiui, natrio chloridas (NaCl) ir kalio chloridas (KCl);
- 2) daugelis mineralinių rūgščių, pavyzdžiui, sieros (H_2SO_4), azoto (HNO_3), druskos (HCl) rūgštys;
- 3) šarminių metalų ir šarminių žemės metalų bazės, pavyzdžiui, natrio (NaOH), kalio (KOH) arba kalcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) hidroksidas.

Silpnieji elektrolitai, tirpdami vandenyje, tik iš dalies disocijuoja į jonus. Jiems priskiriamos toliau išvardytos medžiagos:

- 1) beveik visos organinės rūgštys, pavyzdžiui, acto (CH_3COOH) arba askorbo ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) rūgštis;
- 2) kai kurios mineralinės rūgštys, pavyzdžiui, anglies (H_2CO_3) arba vandenilio sulfido (H_2S) rūgštis;
- 3) daugelis metalų bazių (išskyrus šarminių metalų ir šarminių žemės metalų bazes) bei NH_4OH , kuris gali būti vaizduojamas kaip amonio hidroksidas $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Silpniesiems elektrolitams priskiriamas vanduo. Silpnieji elektrolitai negali užtikrinti didelės jonų koncentracijos tirpale.

1.2. poskyris. Elektrolitinė disociacija

Siekdamas paaiškinti elektrolitų vandeninių tirpalų ypatumus, švedų mokslininkas S. Arenijus 1887 m. pasiūlė elektrolitinės disociacijos teoriją. Vėliau ją išvystė daugybė mokslininkų, kurie rėmėsi žiniomis apie atomo sandarą ir cheminius ryšius. Šiuolaikinį šios teorijos turinį sudaro toliau pateiktos trys nuostatos:

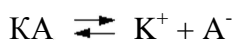
1. Tirpdami vandenyje, elektrolitai išsiskaido (disocijuoja) į jonus – teigiamus ir neigiamus. Jonų elektroninė būseną yra stabilesnė už atomų elektroninę būseną. Juos gali sudaryti vienas atomas – tai paprastieji jonai (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cl^- ir kt.) arba keli atomai – tai sudėtiniai jonai (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , ir kt.).

2. Veikiami elektros srovės, jonai juda kryptingai: teigiamai įelektrinti jonai juda katodo (neigiamai įelektrinto elektrodo) link, neigiamai įelektrinti jonai – anodo (teigiamai įelektrinto elektrodo) link. Todėl pirmieji vadinami **katijonais**, o antrieji – **anijonais**.

Kryptingas jonų judėjimas vyksta dėl jų traukos prie priešingai įelektrintų elektrodų.

3. Disociacija – tai grįžtamasis procesas: lygiagrečiai molekulių išsiskaidymui į jonus (disociacijai) vyksta jonų susijungimo procesas (asociacija).

Todėl elektrolitinės disociacijos lygtyse vietoj lygybės ženklo rašomas apgręžiamumo ženklas. Pavyzdžiui, KA elektrolito molekulės disociacijos į katijoną K^+ ir anijoną A^- lygtis apskritai rašoma taip:



Geriausiai disocijuoja medžiagos, turinčios joninių ryšių. Kaip žinoma, tokios medžiagos susideda iš jonų. Joms tirpstant, vandens dipoliai orientuojasi aplink teigiamą ir neigiamą jonus. Tarp jonų ir vandens dipolių susidaro tarpusavio traukos jėga. Dėl to ryšys tarp jonų silpnėja, jonai pereina iš kristalo į tirpalą. Vykstant šiam procesui, susidaro hidratuoti jonai, t. y. jonai, turintys cheminį ryšį su vandens molekulėmis.

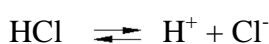
Analogiškai disocijuoja ir elektrolitai, kurių molekulės sudarytos kovalentinio polinio ryšio pagrindu (polinės molekulės). Aplink kiekvieną polinę medžiagos molekulę taip pat orientuojasi vandens dipoliai, kurių neigiami poliai pritraukiami prie molekulės teigiamo poliaus, o teigiami poliai – prie neigiamo poliaus. Dėl šios sąveikos, jungiamasis elektroninis debesis (elektroninė pora) perkeliamas didesnio elektrinio neigiamumo atomo link, polinė molekulė virsta jonine ir po to lengvai susidaro hidratuoti jonai. Polinių molekulių disociacija gali būti visiška arba dalinė.

Taigi, elektrolitai – tai joninį arba polinį ryšį turintys junginiai. Tai druskos, rūgštys ir bazės. Disocijuoti į jonus jie gali poliniuose tirpikliuose (įskaitant ir vandenį).

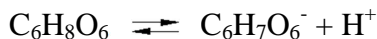


Remiantis elektrolitinės disociacijos teorija, apibūrinamos rūgštys, bazės ir druskos bei aprašomos jų savybės.

Rūgštimis vadinami elektrolitai, kurių disociacijos metu, kaip katijonai susidaro tik vandenilio katijonai. Toliau pateikiamas vienbazės druskos rūgšties disociacijos pavyzdys:



ir organinės askorbo rūgšties disociacijos pavyzdys:

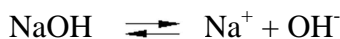


Daugiabazių rūgščių disociacija paprastai vyksta pagal pirmąją pakopą, rečiau – pagal antrąją ir labai retai – pagal trečiąją pakopą. Todėl vandeniniame tirpale, pavyzdžiui, fosforo rūgšties, kartu su H_3PO_4 molekulėmis yra ir H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} bei PO_4^{3-} (nuosekliai mažėjantis kiekis) jonų.



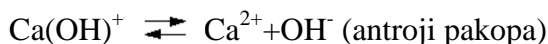
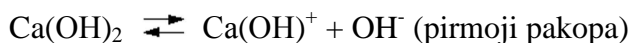
Bazėmis vadinami elektrolitai, kurių disociacijos metu, kaip anijonai susidaro tik hidroksido jonai.

Natrio ir amonio hidroksidų disociacijos pavyzdžiai:

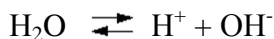


Vandenyje tirpios bazės vadinamos šarmais. Jų yra nedaug. Tai šarminių ir šarminių žemės metalų bazės, pavyzdžiui, LiOH , NaOH , KOH , Ca(OH)_2 bei NH_4OH . Daugelis bazių blogai tirpsta vandenyje.

Bazės rūgštingumą lemia jos hidroksilinių grupių kiekis. Pavyzdžiui, NaOH – tai vienos rūgšties bazė, Ca(OH)_2 – dviejų rūgščių, Fe(OH)_3 – trijų rūgščių ir t. t. Dviejų ir kelių rūgščių bazės disociuoja pakopomis:



Tačiau egzistuoja elektrolitai, kurie, disocijuodami, vienu metu sudaro vandenilio katijonus ir hidroksido jonus. Šie elektrolitai vadinami *amfoteriniais* arba *amfolitais*. Jiems priskiriamas vanduo, cinko, aliuminio hidroksidai ir daug kitų medžiagų. Pavyzdžiui, vanduo disocijuoja į H^+ ir OH^- jonus (nereikšmingais kiekiais):

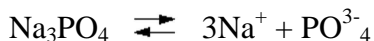
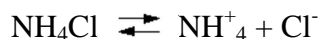


Vadinasi, jis turi tiek rūgštinių savybių, kurias lemia vandenilio katijonų H^+ buvimas, tiek šarminių savybių, kurias lemia jonų OH^- buvimas.

Amfoterinio cinko hidroksido Zn(OH)_2 disociaciją galima išreikšti lygtimi $2\text{OH}^- + \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Zn(OH)}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Zn(OH)}_4]^{2-} + 2\text{H}^+$.

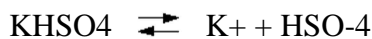
Druskomis vadinami elektrolitai, kurių disociacijos metu susidaro metalų katijonai ir amonio (NH_4^+) katijonas bei rūgščių likučių anijonai.

Pavyzdys:

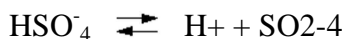


Taip disocijuoja vidutinės druskos. Rūgščiosios ir bazinės druskos disocijuoja pakopomis. Rūgščiosiose druskose iš pradžių atsikyla metalų jonai, po to – vandenilio katijonai.

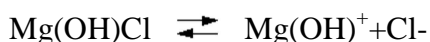
Pavyzdys:



ir po to



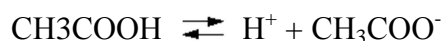
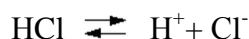
Bazinėse druskose iš pradžių atsikyla rūgščių likučiai, po to – hidroksido jonai.



ir po to

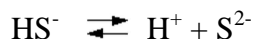


Rūgšties bazingumą lemia disociacijos metu susidarančių vandenilio katijonų kiekis. Tokiu būdu HCl, HNO₃ yra vienbazės rūgštys – susidaro vienas vandenilio katijonas; H₂S, H₂CO₃, H₂SO₄ – dvibazės rūgštys, o H₃PO₄ – tribazė rūgštis, nes susidaro atitinkamai du ir trys vandenilio katijonai. Iš keturių CH₃COOH acto rūgšties molekulėje esančių vandenilio atomų, tik vienas, kuris priskiriamas karboksilinei grupei – COOH, gali atsikilti kaip katijonas H⁺, – acto rūgštis yra vienbazė.



Dvibazės ir daugiabazės rūgštys disocijuoja pakopomis (laipsniškai).

Pavyzdys:



Kadangi elektrolitinė disociacija yra grįžtamasis procesas, elektrolitų tirpaluose kartu su jų jonais yra ir molekulių. Todėl elektrolitų tirpalus apibūdina disociacijos laipsnis (išreiškiamas graikiška raide alfa – α). Disociacijos laipsnis – tai molekulių, disocijavusių į jonus, skaičiaus N' ir bendrojo ištirpusių molekulių skaičiaus N santykis:

$$\alpha = \frac{N'}{N}$$

Elektrolito disociacijos laipsnis nustatomas bandymų būdu ir išreiškiamas vienetu dalimis arba procentais. Jeigu $\alpha = 0$, disociacija nevyksta, o jeigu $\alpha = 1$ arba 100 %, elektrolitas visiškai išsiskaido į jonus. Jeigu $\alpha = 20$ %, vadinasi, kad iš 100 šio elektrolito molekulių, 20 išsiskaidė į jonus.

Skirtingų elektrolitų disociacijos laipsnis skiriasi. Bandymai rodo, kad jis priklauso nuo elektrolito koncentracijos ir temperatūros. Mažėjant elektrolito koncentracijai, t. y. atskiedžiant jį vandeniu, disociacijos laipsnis visuomet didėja. Paprastai disociacijos laipsnį didina ir kylanti temperatūra. Pagal disociacijos laipsnį išskiriami stiprieji ir silpnieji elektrolitai.

Išnagrinėkime pusiausvyros poslinkį tarp nedisocijavusių molekulių ir jonų, vykstant silpnąjo elektrolito – acto rūgšties – elektrolitinei disociacijai:



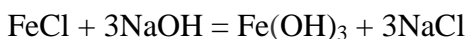
Atskiedžiant acto tirpalą vandeniu, pusiausvyra pradės slinkti link jonų susidarymo pusės – rūgšties disociacijos laipsnis didėja. Atvirkščiai, garinant tirpalą, pusiausvyra slenka link rūgšties molekulių susidarymo pusės – disociacijos laipsnis mažėja.

Remiantis elektrolitinės disociacijos teorija, visos elektrolitų vandeniniuose tirpaluose vykstančios reakcijos yra reakcijos tarp jonų. Jos vadinamos joninėmis reakcijomis, o šių reakcijų lygtys – joninėmis lygtimis. Jos yra paprastesnės už molekulinę formą išreikštas lygtis ir yra bendrojo pobūdžio.

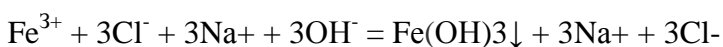
Nagrinėjant reakcijų jonines lygtis, reikia žinoti, kad mažai disocijavusios, mažai tirpios (išskrentančios į nuosėdas) bei dujinės medžiagos turi būti išreiškiamos molekuline forma. Ženklas „↓“ medžiagos formulėje reiškia, kad ši medžiaga iš reakcijos pasišalina aplinkos nuosėdų forma, ženklas „↑“ reiškia, kad medžiaga iš reakcijos pasišalina aplinkos dujų forma. Stiprieji elektrolitai, kaip visiškai disocijavę, išreiškiami jonų forma. Elektros krūvio suma kairėje lygties dalyje turi būti lygi elektros krūvio sumai dešinėje dalyje.

1 pavyzdys. Parašykime reakcijų tarp geležies (III) chlorido ir natrio hidroksido tirpalų lygtis molekuline ir jonine forma.

1. Reakcijos lygtis molekuline forma:

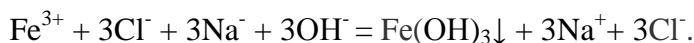


2. Parašykime reakcijos joninę lygtį, išreikšdami gerai disocijuojančias medžiagas į jonus:

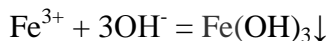


3. Pašalinkime iš abiejų joninės lygties dalių vienodus jonus, t. y. jonus, kurie nedalyvauja reakcijoje (jie yra pabraukti):





4. Parašykime galutinės formos reakcijos lygtį:

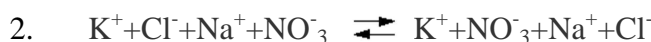
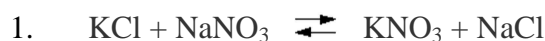


Tai sutrumpinta joninė reakcijos lygtis. Kaip galima matyti iš šios lygties, reakcijos esmė yra Fe^{3+} ir OH^- jonų sąveika, dėl kurios susidaro $\text{Fe}(\text{OH})_3$ nuosėdos. Be to, nėra svarbu, kokių elektrolitų sudėtyje buvo šie jonai iki įvykstant jų sąveikai.

2 pavyzdys. Parašykime reakcijų tarp kalio chlorido ir natrio nitrato tirpalų lygtis.

Kadangi sąveikos produktai gerai tirpsta vandenyje ir nesišalina iš reakcijos aplinkos, ši reakcija yra grįžtamoji.

Kaip ir pirmajame pavyzdyje, rašome etapais:



Kitų etapų lygčių parašyti negalima, nes, remiantis elektrolitinės disociacijos teorija, reakcija nevyksta. Tačiau garinant šį tirpalą, tarp jonų atsiras naujų cheminių ryšių bei susidarys keturių druskų – KCl , NaNO_3 , NaCl , KNO_3 – mišinys.

Tirpaluose joninėmis lygtimis gali būti išreiškiamos bet kokios reakcijos, vykstančios tarp elektrolitų. Jeigu vykstant tokioms reakcijoms jonų krūviai nesikeičia (nesikeičia oksidacijos laipsnis), jos vadinamos *jonų apsikeitimo* reakcijomis.

1.3. poskyris. Vandens joninė sandauga. Tirpalo pH

Vandens konstanta $K_{H_2O} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ vadinama vandens jonine sandauga, kuri priklauso tik nuo temperatūros.

Vykstant vandens disociacijai, kiekvienam jonui H^+ tenka vienas susidarantis jonas OH^- , vadinasi, gryname vandenyje šių jonų koncentracijos yra vienodos: $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$. Panaudojus vandens joninės sandaugos vertę, gaunama:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ mol/l}$$

Tokios yra jonų H^+ ir OH^- koncentracijos gryname vandenyje. Išnagrinėkime, kaip pasikeis koncentracija, pridėjus kitų medžiagų, pavyzdžiui, druskos rūgšties, kuri vandenyje disocijuoja į jonus H^+ ir Cl^- . Jonų H^+ koncentracija tirpale padidės, bet vandens joninė sandauga nepriklauso nuo koncentracijos – šiuo atveju koncentracija $[\text{OH}^-]$ mažėja. Atvirkščiai, į vandenį pridėjus šarmų, koncentracija $[\text{OH}^-]$ padidės, o $[\text{H}^+]$ – sumažės. Koncentracijos $[\text{H}^+]$ ir $[\text{OH}^-]$ susijusios tarpusavyje – kuo didesnė viena vertė, tuo mažesnė kita ir atvirkščiai.

Tirpalų rūgštingumas paprastai išreiškiamas naudojant jonų H^+ koncentraciją. Rūgščių tirpaluose $[H^+] > 10^{-7}$ mol/l, neutraliuosiuose $[H^+] = 10^{-7}$ mol/l, šarminiuose $[H^+] < 10^{-7}$ mol/l. Tam, kad nereikėtų rašyti skaičiaus su laipsnio rodikliu, tirpalo rūgštingumas dažnai išreiškiamas neigiamu vandenilio jonų koncentracijos logaritmu (mol/l). Ši vertė vadinama vandeniliniu rodikliu ir žymima pH:

$$pH = -\lg[H^+].$$

pH vertę pirmasis įvedė danų chemikas S. Sorensenas. Raidė „p” reiškia daniško žodžio „potenz“ (laipsnis) pirmąją raidę, „H” – vandenilio simbolį. Rūgščių tirpaluose $pH < 7$, neutraliuosiuose $pH = 7$, šarminiuose $pH > 7$.

1.4. poskyris. Tirpalų koncentracijos žymėjimo būdai

Koncentracija – tai vertė, apibūdinanti tirpalo kiekybinę sudėtį.

Remiantis IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) taisyklėmis, ištirpintos medžiagos kiekio arba masės ir tirpalo tūrio (mol/l, g/l) santykis vadinamas ištirpintos medžiagos (ne tirpalo) koncentracija. Tai yra nevienalyčių verčių santykis. Vertę, kuri yra viena vertė santykis (ištirpintos medžiagos masės ir tirpalo masės santykis, ištirpintos medžiagos tūrio ir tirpalo tūrio santykis), būtų teisinga vadinti „*dalimi*“. Tačiau praktikoje abiem sudėties išreiškimo atvejais vartojamas terminas „koncentracija“ ir kalbama apie tirpalų koncentraciją. Ją išreikšti yra daug būdų.

Masės dalis – santykis tarp ištirpintos medžiagos masės (m_X) ir tirpalo masės (m). Masės dalis matuojama vieneto dalimis arba procentais:

$$\omega = \frac{m_X}{m}$$

Taikant binariniam tirpalui (susidedančiam iš dviejų komponentų – tirpiklio S ir tirpinio X):

$$\omega = \frac{m_X}{m_X + m_S}$$

Masės dalis išreiškiama vieneto dalimis arba procentais (pavyzdys: $\omega = 0,01$ arba $\omega = 1 \%$).

Binariniuose tirpaluose dažnai egzistuoja vienareikšmis priklausomumas tirpalo **tankiui** (ρ – santykis tarp tirpalo masės ir jo užimamo tūrio, g/cm³ arba kg/m³). Praktikoje tai suteikia galimybę nustatyti svarbių tirpalų koncentraciją, naudojant densimetrą (spiritometrą, sacharimetrą, laktometrą). Kai kurių areometrų skalės yra graduotos ne pagal tankio vertę, bet tiesiogiai pagal tirpalo (spirito, pieno riebalų, cukraus) koncentracijos vertę. Išreiškiant

koncentraciją (pavyzdžiui, sieros rūgštis akumuliatorių elektrolite), dažnai naudojamos tiesiog jų tankiu. Yra plačiai paplitę areometrai (densimetrai, tankiamačiai), skirti nustatyti medžiagų tirpalų koncentraciją.

Tūrio dalis – ištirpintos medžiagos tūrio ir tirpalo tūrio santykis. Tūrio dalis matuojama vieneto dalimis arba procentais:

$$v = \frac{V_X}{V},$$

kur V_X – ištirpintos medžiagos tūris X, l; V – bendrasis tirpalo tūris, l.

Kaip jau minėta, egzistuoja areometrai, skirti nustatyti tam tikrų medžiagų tirpalų koncentraciją. Tokių areometrų skalės yra graduotos ne pagal tankio vertę, bet tiesiogiai pagal tirpalo koncentracijos vertę. Plačiai paplitusiems etilo alkoholio tirpalams, kurių koncentracija paprastai reiškima tūrio procentais, pritaikyti areometrai, vadinami *spiritometrais*, arba *andrometrais*.

Moliariškumas (molinė tūrinė koncentracija) – ištirpintos medžiagos kiekis (molių skaičius) tirpalo tūrio vienetu. SI sistemoje molinė koncentracija matuojama mol/m³, tačiau praktikoje ji dažniau išreiškiama mol/l arba mmol/l. Taip pat yra paplitęs žymėjimas „molingumu“. Egzistuoja kitas molinės koncentracijos žymėjimo simbolis C_M , kuris žymimas M. Taip 0,5 mol/l koncentracijos tirpalas vadinamas 0,5 molio arba 0,5 M.

$$C_M = \frac{n}{V}$$

kur: n – ištirpintos medžiagos kiekis, mol; V – bendrasis tirpalo tūris, l.

Molinės koncentracijos vertė priklauso nuo temperatūros dėl tirpalo tūrio pasikeitimo.

Molis – sistemos medžiagos kiekis, kurioje yra tiek struktūrinių elementų, kiek yra atomų 0,012 kg masės anglyje-12.

Taikant molį, struktūriniai elementai turi būti specifikuoti – tai gali būti atomai, molekulės arba jonai.

Iš molio apibrėžimo aiškiai suprantama, kad anglies-12 molinė masė yra tiksliai lygi 12 g/mol. Specifikuotų struktūrinių elementų kiekis viename bet kokios medžiagos molyje vadinamas **Avogadro konstanta (Avogadro skaičiumi)**, paprastai išreiškiama N_A . Taip 0,012 kg masės anglyje-12 yra N_A atomų. Avogadro skaičiaus vertė yra lygi $6,02214129(27) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

1/12 anglies-12 atomo masės vadinama atominiu masės vienetu (žymimu a.m.v.). Vadinasi, 1 a.m.v. = $0,001/N_A$ kg. Iš a.m.v. apibrėžimo suprantama, kad medžiagos molinė masė,

išreikšta gramais moliui, yra lygi šios medžiagos molekulės masei, išreikštai atominiais masės vienetais.

Medžiagos kiekis moliais:

$$n = \frac{m}{M},$$

kur m – medžiagos masė; M – šios medžiagos molekulinė masė.

Medžiagos ***molinė masė*** – vieno medžiagos molio masė. Atskirų cheminių elementų molinė masė yra atskirų tokio elemento atomų vieno molio masė. Šiuo atveju ***g/mol*** išreikštos elemento molinės masės skaičius sutampa su ***elemento atomo mase***, išreikšta a.m.v. (atominis masės vienetas). Tačiau reikia aiškiai suvokti skirtumą tarp molinės masės ir molekulinės masės, nes sutampa tik jų skaitmenys, bet dydžiai yra skirtingi.

Sudėtinių molekulių molines mases galima nustatyti sumuojant molines jas sudarančių elementų mases. Šios masės yra pateiktos Mendelejevo periodinėje elementų sistemoje, praktikoje jos suapvalinamos iki sveikų arba dešimtainių skaičių. Pavyzdžiai: vandens (H_2O) molinė masė yra $M_{H_2O} = 2 M_H + M_O = 2 \cdot 1 + 16 = 18$ (g/mol) = $18 \cdot 10^{-3}$ (kg/mol); natrio hidroksido $M_{NaOH} = 23 + 16 + 1 = 40$ (g/mol) = $40 \cdot 10^{-3}$ (kg/mol); natrio chlorido $M_{NaCl} = 35,5 + 23 = 58,5$ (g/mol) = $58,5 \cdot 10^{-3}$ (kg/mol).

Pažymėtina, kad, pavyzdžiui, deguonies, kaip elemento, molinė masė = 16 (g/mol), o kaip medžiagos (O_2) = 32 (g/mol).

Gramjonas – jonų kiekio matavimo vienetas, molio analogas; jonų masė, išreikšta gramais ir kiekybiškai lygi šios rūšies jono formulinei masei.

Pavyzdžiui, taikant chloro jonams Cl^- - 35,5; $NO_3^- = 14 + 48 = 62$; $NO_2^- = 46$; $NH_4^+ = 18$ g.

Atitinkamai šių jonų koncentracijos išreiškiamos g-jonais/l arba, kaip ir neutralių dalelių atveju, moliais/l.

Tirpalų chemijoje dažnai naudojamas išvestinis vienetas – milimolis, lygus vienai tūkstantajai molio daliai ($1M = 10^{-3}$ mM).

Molinė medžiagos ekvivalentų koncentracija (normalinė koncentracija) – tai šios medžiagos ekvivalentų skaičius 1 litre tirpalo. Normalinė koncentracija reiškiamą mol-ekv/l arba g-ekv/l (turimas omenyje ekvivalentų molis). Rašant tokių tirpalų koncentraciją, naudojami trumpiniai „n“ arba „N“. Pavyzdžiui, tirpalas, kuriame yra 0,1 mol-ekv/l, vadinamas decinormaliniu ir rašomas kaip 0,1 n arba 0,1 N.

Medžiagos ekvivalentas taip pat dažnai suprantamas kaip *medžiagos ekvivalentų skaičius* arba *ekvivalentinis medžiagos kiekis* – medžiagos molekulių skaičius, ekvivalentiškas vienam molekuliui vandenilio katijonų nagrinėjamoje reakcijoje.

$$C_H = C_N = zC_M = z \cdot \frac{n}{V} = \frac{1}{f_{eq}} \cdot \frac{n}{V},$$

kur $C_H = C_N$ – normalinė koncentracija, V – tirpalo tūris; n – molekulių skaičius; z – ekvivalentiškumo skaitmuo; $f_{eq} = 1/z$ – ekvivalentiškumo veiksnys.

Norint apskaičiuoti medžiagos rūgšties ekvivalentą, reikia molinę rūgšties masę padalyti iš jos bazingumo vertės. Taip sieros rūgšties H_2SO_4 ekvivalentas yra lygus $98/2 = 49$ g/mol ($z=1/2$), o druskos rūgšties HCl – $36,5/1 = 36,5$ g/mol ($z=1$).

Norint apskaičiuoti medžiagos ekvivalento molinę bazės masę, reikia molinę bazės masę padalyti iš hidroksilinių grupių skaičiaus. Taip bazės $Ca(OH)_2$ ekvivalentas būtų lygus $(40 + 17 \cdot 2)/2 = 37$ g/mol ($z=1/2$), $NaOH$ ekvivalentas – $40/1 = 40$ g/mol ($z=1$).

Norint apskaičiuoti druskos medžiagos ekvivalentą, reikia molinę medžiagos masę padalyti iš metalo atomų skaičiaus, padauginto iš jo valentingumo vertės. Pavyzdžiui, druskos medžiagos ekvivalento molinė masė $Al_2(SO_4)_3 = [27 \cdot 2 + (32 + 16 \cdot 4) \cdot 3]/2 \cdot 3 = 57$ g/mol ($z=1/6$).

Molinė dalis – santykis tarp tam tikro komponento molekulių skaičiaus ir bendrojo visų komponentų molekulių skaičiaus. Molinė dalis reiškia vieneto dalimis.

$$X_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i},$$

kur n_i i komponento molekulių skaičius, mol; k – komponentų skaičius;

Molialumas (molinė svorinė koncentracija, molialinė koncentracija) – ištirpintos medžiagos kiekis (molekulių skaičius) 1000 g tirpiklio.

$$C_m = \frac{n}{m_s}$$

Nepaisant pavadinimų panašumo, molinė koncentracija ir molialumas – tai skirtingi dydžiai. Skirtingai nei molinė koncentracija, išreiškiant koncentraciją molialumo verte, apskaičiuojama *tirpiklio* masė, bet ne tirpinio tūris. Molialumas, skirtingai nei molinė koncentracija, nepriklauso nuo temperatūros.

Tirpalo titras – ištirpintos medžiagos masė 1 ml tirpalo.

$$T = \frac{m_x}{V}$$

kur: m_X – ištirpintos medžiagos masė, g; V – bendrasis tirpalo tūris, ml;

Visatūriai procentai atitinka santykį tarp vienos medžiagos dalies masės (pavyzdžiui, 1 g) ir 100 tirpalo tūrio dalių (pavyzdžiui, 100 ml). Šis žymėjimo būdas taikomas, pavyzdžiui, tada, kai nėra žinoma medžiagos molinė masė arba nežinoma mišinio sudėtis, taip pat kartais pagal tradicijas farmakopėjinėje analizėje.

Kiti koncentracijų žymėjimo būdai

Egzistuoja ir kiti tam tikrose žinių ar technologijų srityse paplitę koncentracijos reiškimo būdai. Hidrochemijoje dažnai naudojama **masės koncentracija**, kuri yra lygi ištirpintos medžiagos masei 1 l tirpalo (paprastai mg/l arba g/l). Tačiau gaminant kalibravimo tirpalus jonometrijos reikmėms, vis dėlto patogiau naudoti molinę koncentraciją, nes šiuo atveju galima lengvai taikyti atskiedimo metodą.

Gaminant rūgščių tirpalus, dažnai nurodoma, kiek vandens tūrio dalių tenka vienai koncentruotos rūgšties tūrio daliai (pavyzdžiui, 1:3). Teršalų koncentracija ore gali būti išreiškiama dalimis viename milijonui (ppm – *parts per million*). Kartais taip pat naudojamas masių santykis (santykis tarp tirpinio masės ir tirpiklio masės) ir tūrių santykis (analogiškas santykis tarp tirpinio tūrio ir tirpiklio tūrio).

Be pirmiau išvardytų charakteristikų, labai dažnai prisotintojo tirpalo koncentracija reiškiamą vadinamuoju tirpumo koeficientu arba tiesiog medžiagos tirpumu.

Santykis tarp medžiagos, sudarančios prisotintąjį tirpalą tam tikroje temperatūroje, masės (m_{XS}) ir tirpiklio masės (m_S), vadinamas tirpumo koeficientu:

$$k = \frac{m_{XS}}{m_S}$$

Medžiagos tirpumas s apibrėžia didžiausią medžiagos masę, kuri gali ištirpti 100 g tirpiklio:

$$s = \frac{m_{XS}}{m_S} \cdot 100$$

Koncentracijų žymėjimo būdų taikymas.

Kadangi molialumas, masės dalis, molinė dalis neapibrėžia tūrio vertės, tokių tirpalų koncentracija nesikeičia, keičiantis temperatūrai. Moliariškumas, tūrio dalis, titras, normalinė koncentracija keičiasi, keičiantis temperatūrai, nes, šiuo atveju, keičiasi tirpalų tankis. Būtent molialumas naudojamas tirpalų virimo (temperatūros didėjimo) bei užšalimo (temperatūros mažėjimo) formulėse.

Atsižvelgiant į užduotų koncentracijų tirpalų gaminimo ir naudojimo patogumą, skirtingose veiklos srityse taikomi skirtingi tirpalų koncentracijos išreiškimo būdai. Taip tirpalo titrą patogiau naudoti analitinėje chemijoje voliumometrijos (titrimetrinės analizės) ir pan. reikmėms.

1.5. poskyris. Perėjimo formulės nuo vienu koncentracijos žymėjimų prie kitų

Nuo masės dalies prie moliariškumo:

$$C_M = \frac{\rho \omega}{M}$$

kur: ρ – tirpalo tankis, g/l; ω – ištirpintos medžiagos masės dalis dalimis nuo 1; M – ištirpintos medžiagos molinė masė, g/mol.

Nuo moliariškumo prie normalinės koncentracijos:

$$C_N = C_M \cdot z$$

kur: M – moliariškumas, mol/l; z – ekvivalentiškumo skaitmuo.

Nuo masės dalies prie titro:

$$T = 0,001 \rho \cdot \omega$$

kur: ρ – tirpalo tankis, kg/l; ω – ištirpintos medžiagos masės dalis, dalimis nuo 1.

Nuo moliariškumo prie titro:

$$T = 0,001 C_M \cdot M$$

kur: C_M – moliariškumas, mol/l; M – ištirpintos medžiagos molinė masė, g/mol.

Nuo moliariškumo prie molialumo:

$$C_m = \frac{1000 \cdot C_M}{1000 \rho - C_M \cdot M}$$

kur: C_M – moliariškumas, mol/l; ρ – tirpalo tankis, g/ml; M – ištirpintos medžiagos molinė masė, g/mol.

Nuo molialumo prie molinės dalies:

$$X_i = \frac{C_m}{C_m + 1000 / M_S}$$

kur: C_m – molialumas, mol/kg; M_S – tirpiklio molinė masė, g/mol.

Nuo masės koncentracijos prie molinės koncentracijos:

$$C_M = 1000 \frac{c}{M}$$

kur c – medžiagos (jono) masės koncentracija (mg/l); M – medžiagos (jono) molekulinė masė.

Nuo molinės koncentracijos prie masės koncentracijos:



$$c = \frac{C_M \cdot M}{1000}$$

1.6. poskyris. Raulio dėsniai

Raulio dėsniais vadinami bendrieji kiekybiniai dėsningumai, apibrėžiantys tam tikras tirpalų savybes, kurios priklauso ne nuo tirpinio pobūdžio, bet nuo koncentracijos.

1-asis dėsnis, taikomas binariniam tirpalui, kuris susideda iš komponentų A (tirpinio) ir S (tirpiklio):

Santykinis tirpiklio garų parcialinio slėgio mažėjimas tirpalo viršuje nepriklauso nuo tirpinio pobūdžio ir yra lygus jo molinei daliai tirpale.

$$\frac{(P_S^0 - P_S)}{P_S^0} = X_A$$

P_S^0 – tirpiklio garų parcialinis slėgis;

P_S – tirpalo garų parcialinis slėgis;

X_A – A medžiagos molinė dalis tirpale.

Tirpalams, kurių komponentai ženkliai skiriasi pagal savo fizikines ir chemines savybes, Raulio dėsnis pritaikomas tik labai mažų koncentracijų ribose; esant didelėms koncentracijoms, stebimi nukrypimai nuo Raulio dėsnio.

Pirmajame Raulio dėsnyje matyti du rezultatai, kurie susiję su tirpalų užšalimo temperatūros mažėjimu ir virimo temperatūros didėjimu. Jų visuma yra žinoma kaip ***antrasis Raulio dėsnis***:

Ypač atskiestų tirpalų kristalizavimosi (užšalimo) temperatūros mažėjimas nepriklauso nuo tirpinio pobūdžio ir yra tiesiogiai proporcingas tirpalo molialinei koncentracijai.

$$T_{fr}^0 - T_{fr} = \Delta T_{fr} = K \cdot C_m,$$

kur T_{fr}^0 – tirpiklio kristalizavimosi temperatūra;

T_{fr} – tirpalo kristalizavimosi temperatūra;

C_m – tirpalo molialinė koncentracija;

K – ***krioskopinė konstanta***, kuri vandenyje yra lygi $1,86 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$

Vykstant tirpiklio kristalizacijai, tirpale didėja pastarojo koncentracija, todėl tirpalai neturi tikslios užšalimo temperatūros ir kristalizuojasi tam tikrame temperatūrų intervale.

Nelakiųjų medžiagų ypač atskiestų tirpalų virimo temperatūros didėjimas nepriklauso nuo tirpinio pobūdžio ir yra tiesiogiai proporcingas tirpalo molialinei koncentracijai

$$T_b - T_b^0 = \Delta T_b = E \cdot C_m,$$

kur T_b – tirpalo virimo temperatūra;

T_b^0 – tirpiklio virimo temperatūra;

C_m – tirpalo molialinė koncentracija;

E – *ebulioskopinė konstanta*, kuri vandenyje yra lygi $0,52 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$.

Raulio dėsniai netaikomi elektrolitų tirpalams (net ir ypač atskiestiems). Jakobas Henrikas van't Hofas, siekdamas atkreipti dėmesį į šiuos nukrypimus ir atsižvelgdamas į tirpinio molekulių disociaciją, į pirmiau paminėtas lygtis įtraukė pataisą – *izotoninį koeficientą* i :

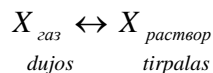
$$\Delta T_{fr} = i \cdot K \cdot C_m \quad \text{ir} \quad \Delta T_b = i \cdot E \cdot C_m$$

Elektrolitų tirpalų nepavaldumas Raulio dėsniams ir van't Hofo principui buvo atspirties taškas S. A. Arenijui, kuriančiam elektrolitinės disociacijos teoriją.

1.7. poskyris. Dujų tirpumas skysčiuose

Dujų tirpimas skysčiuose beveik visada sukelia šilumos išsiskyrimą. Todėl, remiantis Le Šateljė (Le Chatelier) principu, dujų tirpumas mažėja, didėjant temperatūrai. Šis dėsnis dažnai taikomas šalinant ištirpusias dujas iš vandens (pavyzdžiui, CO_2) virinimo būdu. Kartais dujų tirpimas sukelia šilumos sugėrimą (pavyzdžiui, taurių dujų tirpimas kai kuriuose organiniuose tirpikliuose). Šiuo atveju, temperatūros didėjimas didina dujų tirpumą.

Dujų tirpimas skystyje negali būti beribis. Esant tam tikrai dujų koncentracijai X , susidaro pusiausvyra:



Dujoms tirpstant skystyje, sistemos tūris ženkliai sumažėja. Todėl, remiantis Le Šateljė principu, slėgio didėjimas turi sukelti pusiausvyros poslinkį į dešinę, t. y. dujų tirpumo didėjimą. Jeigu dujos blogai tirpsta tam tikrame skystyje ir slėgis yra nedidelis, tai dujų tirpumas yra proporcingas jų slėgiui. Ši priklausomumą apibrėžia Henrio dėsnis: ***tam tikroje temperatūroje, tam tikro tūrio skystyje, ištirpintų dujų kiekis, esant pusiausvyrai, yra tiesiai proporcingas dujų slėgiui.***

Henrio dėsnis gali būti reiškiamas taip:

$$C_X = K_{GX} \cdot P_X, \text{ kur}$$

C_X – X dujų koncentracija prisotintame tirpale, mol/l;

P_X – X dujų slėgis tirpalo viršuje, Pa;

K_{GX} – Henrio konstanta X dujoms, $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$, kuri priklauso nuo dujų rūšies, tirpiklio ir temperatūros.

Henrio dėsnis galioja tik reliatyviai atskiestiems tirpalams, esant nedideliame slėgyje ir nevykstant jokiai cheminei sąveikai tarp tirpinamų dujų ir tirpiklio molekulių.

Henrio dėsnis – tai atskiras bendrojo Daltono dėsnio atvejis. Jei kalbama ne apie vienos dujinės medžiagos, bet apie dujų mišinio tirpimą, tai kiekvieno komponento tirpumas yra pavaldus Daltono dėsniui: *kiekvieno dujų mišinio komponento tirpumas pastovioje temperatūroje tiesiogiai proporcingas komponento parcialiniam slėgiui virš skysčio ir nepriklauso nuo bendrojo skysčio slėgio bei kitų komponentų individualumo.*

Kitaip tariant, dujų mišinio tirpimo skystyje atveju, į Henrio dėsnio matematinę išraišką įtraukiamas tam tikro komponento parcialinis slėgis P_i .

Komponento parcialinis slėgis suprantamas kaip komponento slėgio dalis bendro dujų mišinio slėgio atžvilgiu:

$$P_i = P_0 \cdot X_i$$

kur P_i – i komponento parcialinis slėgis;

P_0 – bendras dujų mišinio slėgis;

X_i – i komponento molinė dalis.

Elektrolitams esant skysčiuose, dujų tirpumas juose mažėja – vyksta dujų išsūdyimas (Sečenovovo dėsnis).

2 SKYRIUS. GYVENAMOSIOS APLINKOS ĮTAKA ŽUVŲ MEDŽIAGŲ APYKAITAI IR JOS YPATUMAMS

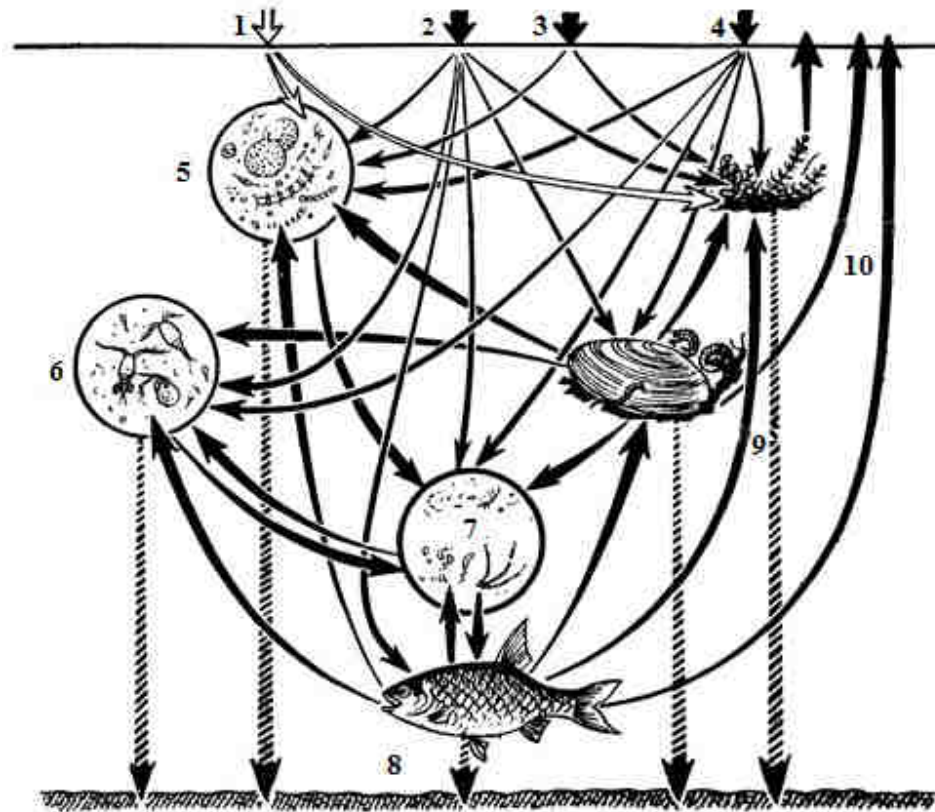
Pagrindinis tikslas – Suformuoti supratimą apie metabolinių procesų žuvų organizme ypatumus ir jų įtaką vandens telkinių fizikinei-cheminei sudėčiai.

Tikslai:

1. Išstudijuoti žuvų organizmo pagrindinių cheminių elementų transformacijos pagrindines kryptis.
2. Išstudijuoti žuvų organizmo pagrindinius maisto sudedamųjų dalių transformacijos procesus.
3. Išstudijuoti vandens cheminės sudėties daromą įtaką žuvų medžiagų apykaitai.
4. Išstudijuoti vandens fizikinių-cheminių savybių poveikį pagrindiniams žuvų organizmo biologiniams procesams.

2.1. poskyris. Žuvų organizmų medžiagų apytakos ratas vandens telkinyje

Žuvų gyvybinė veikla ir jų medžiagų apykaitos intensyvumas yra glaudžiai susijęs su vandeniu. Jų organizmas prisitaikė ne tik prie vandens terpės, bet ir prie jos fizikinės-cheminės charakteristikos. Pagrindiniai žuvų mitybos komponentai yra baltymai, riebalai ir angliavandeniai. Vykstant jų įsisavinimo procesui, sudėtingos medžiagos virsta paprastais komponentais, kurie gali būti geriami. Nesuvirškinto maisto likučiai išsiskiria į aplinką, telkinyje sudarydami organinės medžiagos dalį ir prisijungia prie cheminių elementų apykaitos. Šio biologinio apytakos rato esmė yra ta, kad natūraliomis sąlygomis organinės medžiagos (vandenyje liekančios kaip negyvi augalinių ir gyvūninių organizmų likučiai, ekskrementai ir vandens gyvūnų išskiriami produktai), palaipsniui praeidamos pro ilgesnes ar trumpesnes maistines eiles, yra apdorojamos (2.1. pav.).

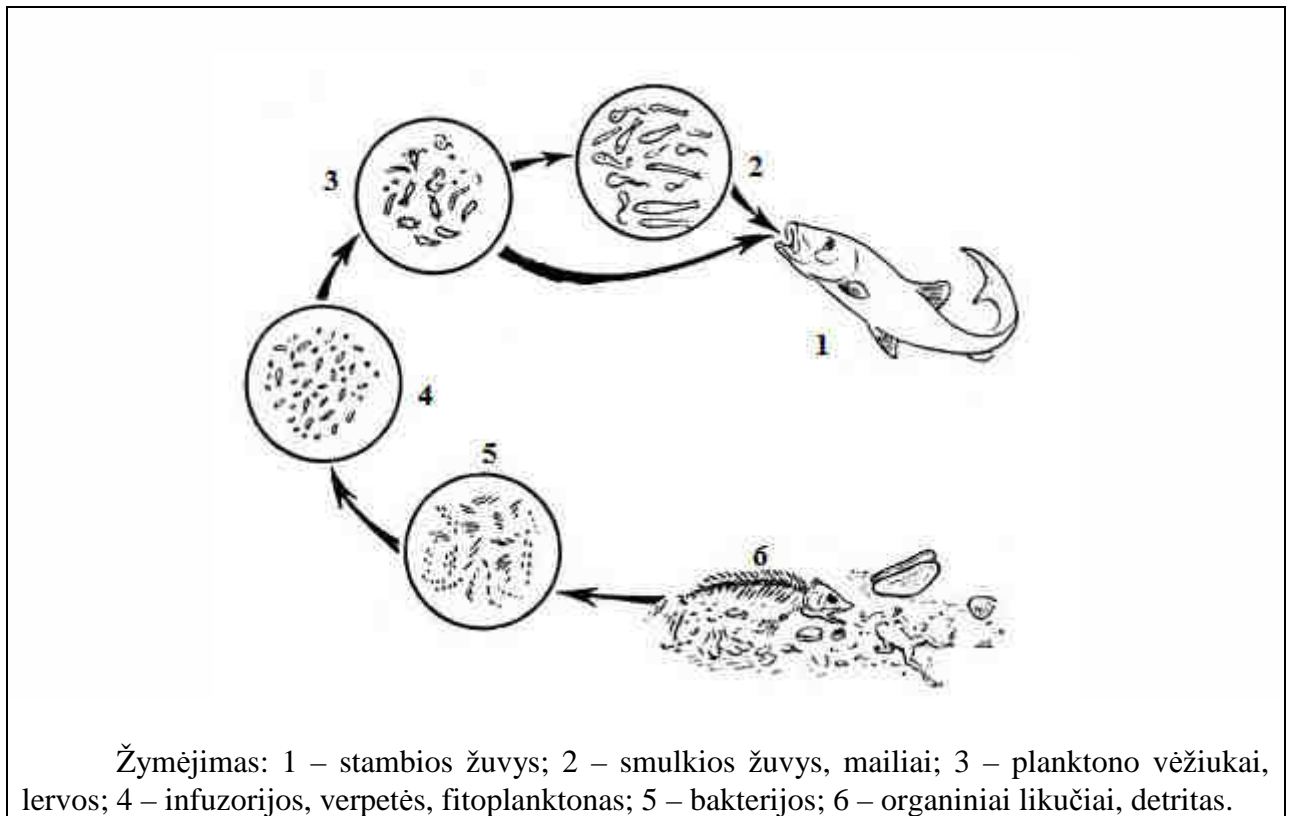


Rodyklių kryptis rodo vieno apytakos rato elemento poveikį kitiems. Pavyzdžiui, žuvis kartu su maistu suvartoja bakterijų masę, iš kitos pusės, jų organizmas pats sudaro bakterijų gyvybinės veiklos substratą. Šviesa yra būtinas vystymosi veiksnys fitoplanktonui ir fitobentosui, kurie savo organizme užtikrina fotosintezę. Svarbus yra temperatūrinis veiksnys, kuris užtikrina visų ekologinės vandens telkinio sistemos komponentų vystymąsi ir gyvybinę veiklą.

Žymėjimas: 1 – šviesa; 2 – šiluma; 3 – organinė medžiaga; 4 – mineralinės medžiagos; 5 – fitoplanktonas; 6 – zooplanktonas; 7 – bakterijos; 8 – žuvis; 9 – zoobentosas; 10 – fitobentosas.

2.1. pav. – Medžiagų apytakos rato vandens telkinyje schema.

Kartais neagresyvios žuvis minta negyvais likučiais, bet visų pirma, šių likučių vartotojai yra bakterijos ir vienaląsčiai organizmai, kuriuos, savo ruožtu, suėda didesni gyvūnai (planktono vėžiukai, vabzdžių lervos, žuvų mailiai ir kt.); ir, pagaliau praėjusios pro vis didesnių skrandžių eilę, vandens telkinių organinės medžiagos įgyja verslinių žuvų formą ir patenka ant mūsų stalo kaip įvairūs žuvies produktai (2.2 pav.).



Žymėjimas: 1 – stambios žuvis; 2 – smulkios žuvis, mailiai; 3 – planktono vėžiukai, lervos; 4 – infuzorijos, verpetės, fitoplanktonas; 5 – bakterijos; 6 – organiniai likučiai, detritas.

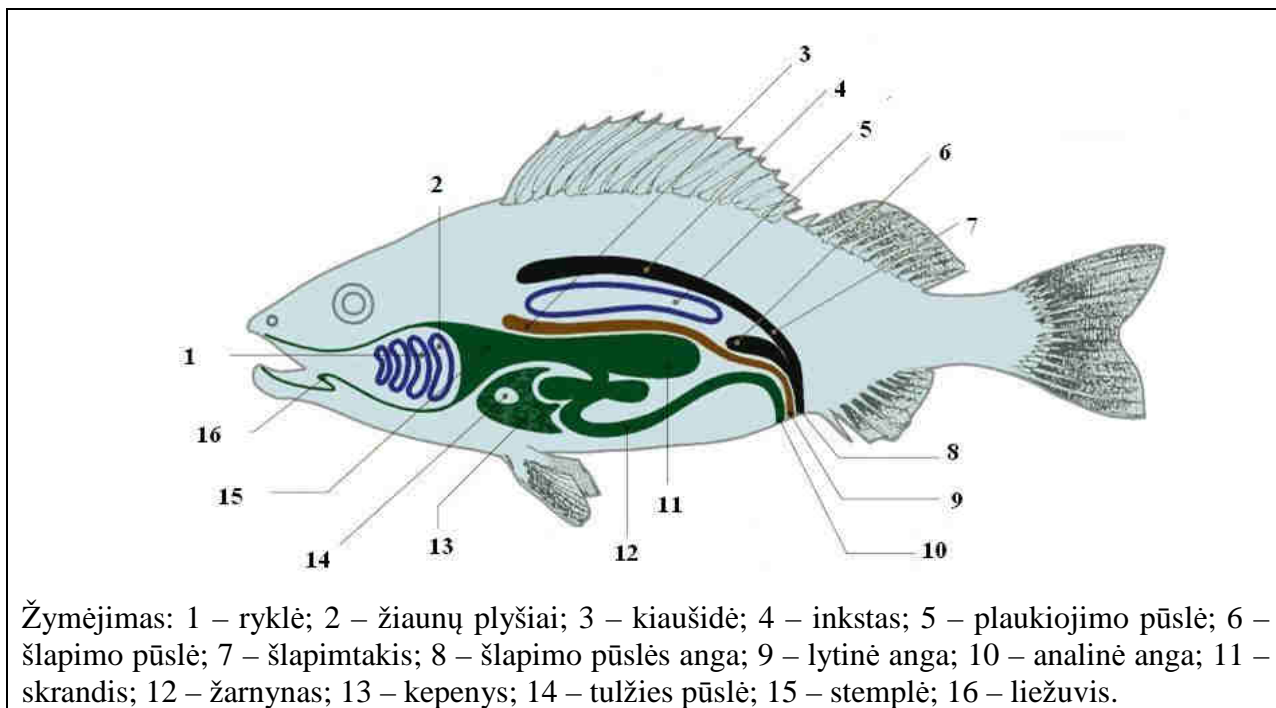
2.2. pav. – Organinės medžiagos įtraukimo į mitybos ryšius vandens telkinyje schema.

Tiesa, galutinės šioje grandinėje esančios grandys gali būti ne tik žuvis, bet ir kitų grupių gyvūnai. Pavyzdžiui, jūriniai žvėrys ir įvairūs bestuburiai gyvūnai (austrės, midijos, sepijos, kalmarai, krabai, krevetės, holoturijos), kurie pajūrio šalyse yra verslo ir vartojimo objektai. Tačiau pagrindinę dominuojančią vietą tarp visų šių jūrų gėrybių užima žuvis. Kalbant apie mūsų vidinius vandenius, iš jų, be žuvies produktų, ant mūsų stalo gali patekti tik vėžiai – visiškai nevertas dėmesio ir atsitiktinis elementas maisto racione.

Mes išsamiau išnagrinėsime žuvų virškinamojo trakto maitinamųjų medžiagų pernešimo ir jų transformacijos problemas.

2.2. poskyris. Maisto komponentų transformacija žuvų virškinimo sistemoje.

Maistas patenka į žuvų organizmą per burną, toliau – į stemplę, po to – į skrandį ir žarnyną, kuriame vyksta virškinimas (2.3 pav.).



2.3. pav. – Žuvų virškinamosios sistemos sandaros schema.

Virškinimo paskirtis – susmulkinti (suskaldyti) stambias maitinamųjų medžiagų molekules iki smulkių standartinių monomerų, kurie įsigeria į kraują. Šios medžiagos, kurias gaunamos vykstant virškinimo procesui, jau neteko rūšies specifiškumo. Tačiau maistinėse medžiagose esančios energijos atsargos lieka ir toliau naudojamos organizmo.

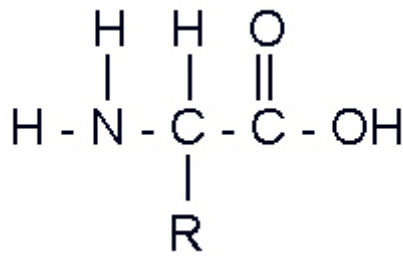
Žuvų mitybos struktūriniai elementai

Žuvų mitybos struktūrinių elementų poreikis nelieka pastovus. Jis keičiasi, priklausomai nuo žuvų amžiaus, dydžio, lytinės brandos, vandens hidrocheminių savybių ir temperatūros.

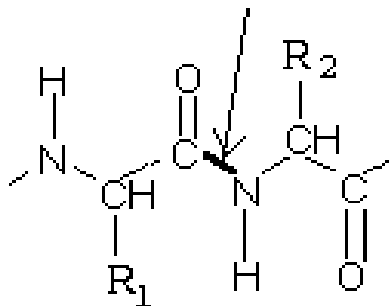
Baltymai (proteinai, angl. *proteins*) – gamtiniai stambiamolekuliniai organiniai junginiai. Baltymai yra nepakeičiama maisto sudėtinė dalis, skirtingai nei angliavandeniai ir riebalai. Visų organizmų gyvybinės veiklos procesuose baltymai atlieka struktūrinę, reguliuojamąją, katalitinę, apsauginę, pernešamąją, energetinę ir kitas funkcijas. Priklausomai nuo baltymų molekulės formos, baltymai skirstomi į fibrilinius ir globulinius.

Baltymų molekulės – tai ilgos sudėtingos grandinės, kurių didžioji dalis susideda iš aminorūgščių (2.4 pav.), sujungtų peptidiniu ryšiu (2.5 pav.). Pagrindinių aminorūgščių iš viso yra tik 20. Kiekviena gyvų būtybių rūšis turi savo, tik jai vienai būdingą įvairių baltymų molekulių rinkinį. Vykstant virškinimo procesui, baltymų molekulės skyla būtent į aminorūgštis, kurios įsigeria į kraują ir yra jo pernešamos į organizmo ląsteles kaip detalės į surinkimo konvejerį. Ląstelėse iš amino rūgščių sintezuojasi baltymai, būdingi atitinkamai žuvų rūšiai. Dalį aminorūgščių žuvis gali sintezuoti pačios. Didžioji dalis tokios sintezės vyksta kepenyse. Tačiau kai kurios iš jų gali būti gaunamos tik su maistu. Tokios aminorūgštys vadinamos

nepakeičiamosiomis. Įvairiose žuvų rūšyse jų yra nuo 9 iki 12 (palyginti, suaugusiame žmoguje – 8).



2.4. pav. Bendroji aminorūgščių formulė



2.5. pav. Dvi aminorūgštis jungiančio peptidinio ryšio schema: R, R₁ ir R₂- vandenilio atomas arba kokia nors organinė grupė. Rodykle yra pažymėtas peptidinis ryšys.

Maisto baltymų virškinimas prasideda skrandyje veikiant fermentui – *pepsinui*. Tai yra skrandžio sulčių fermentas. Jis sintezuojamas skrandžio gleivinės ląstelėse neaktyviojo pirmtako – pepsinogeno – forma. Neaktyviojo pepsinogeno virtimas aktyviuoju pepsinu vyksta skrandžio ertmėje. Vykstant aktyvacijos procesui, atskyla peptidas, uždantis aktyvųjį fermento centrą, pepsino pH optimumas yra lygus 1,0-2,0, tai atitinka skrandžio sulčių rūgštingumą.

Vėliau žarnyne maistas yra veikiamas tripsino, kuris sintezuojasi kasoje neaktyvaus pirmtako – tripsinogeno – forma. Jį žarnyno ertmėje dalyvaujant kalcio jonams aktyvina fermentas enteropeptidazė.

Veikiant fermentams, kurie turi poveikį galutiniams peptidiniams ryšiams, atsilaisvina atskiros aminorūgštys. Jos įsigeria žuvų žarnyne, kuriame vyksta jų peramininimas, ir organizmo naudojamos pagal poreikį (kūno augimas, lytinių ląstelių augimas ir kt.). 80 proc. aminorūgščių, patenkančių į organizmą iš skrandžio ir virškinamojo trakto, naudojamos baltymų sintezės reikmėms, kiti 20 proc. dalyvauja metaboliniuose procesuose.

Žuvims, taip pat ir žolėdėms, reikia gerokai didesnio (2-3 kartus) baltymų kiekio pašaruose negu sausumos gyvūnams. Tai yra susiję su jų medžiagų apykaitos ypatumais.

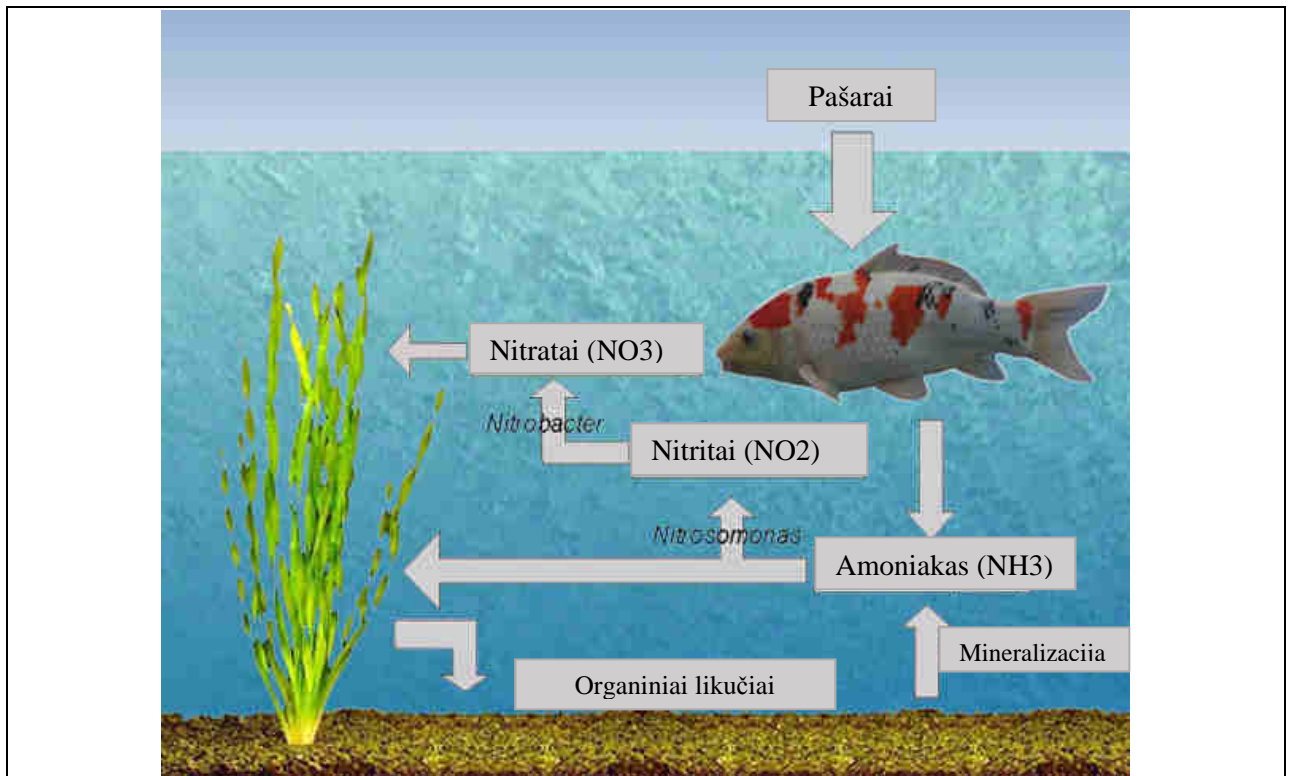
Daugiau nei pusę baltymų žuvys naudoja energinei apykaitai užtikrinti. Sausumos gyvūnams dėl jų stambios šlapimo išskyrimo sistemos, šiuo atveju, grėstų apsinuodojimas, tačiau žuvys gana lengvai sprendžia šią problemą, per žiaunas išskirdamos amoniaką.

Paprastai, optimalus baltymų kiekis sausojoje medžiagoje (t. y. neatsižvelgiant į vandenį), žuvų pašaruose yra 30–40 proc. Plėšrioms žuvims reikia daugiau baltymų nei žolėdėms. Jūrų žuvims vidutiniškai daugiau nei gėlavandenėms žuvims, o aktyviai augantiems jaunikliams – daugiau nei suaugusioms žuvims. Vykstant baltymų virškinimo procesui (skirtingai nei riebalų ir angliavandenių), gaunamas platus galutinių produktų spektras – nuo amoniako iki alkaloidų.

Aminorūgščių azotas virsta vienu iš trijų galutinių produktų: amoniaku, šlapimo rūgštimi arba šlapalu. Kalbant apie vandens terpėje gyvenančias žuvis, šių komponentų (įskaitant ir toksišką amoniaką) šalinimas vyksta lengvai dėl šių medžiagų didelio tirpumo vandenyje. Palyginti, iš vandens paukščių organizmo azotas šalinamas pusiau kieto guano šlapimo rūgšties forma.

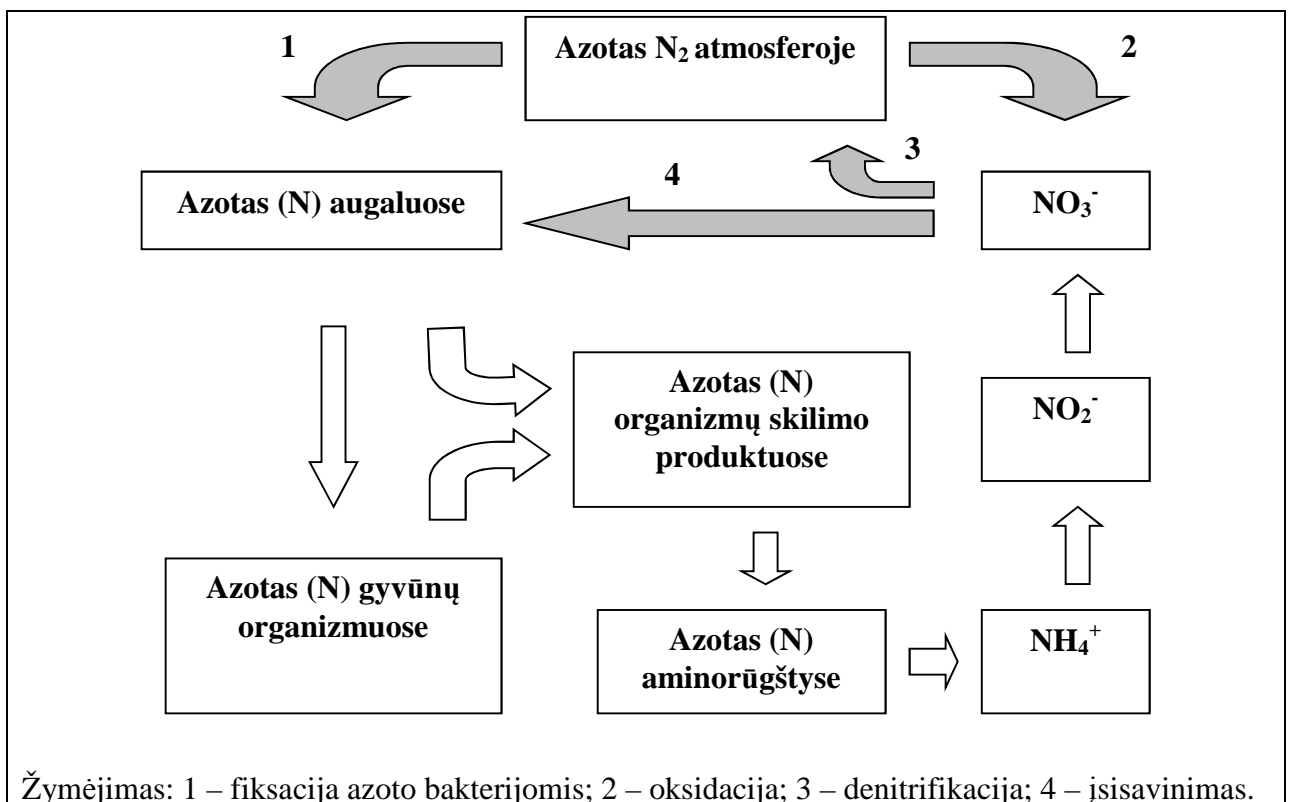
Galutinių azoto apytakos produktų forma turi prisitaikymo reikšmę bei yra siejama su gyvūno gyvenimo sąlygomis ir jo aprūpinimu vandeniu. Apykaitos produktų toksiškas poveikis mažėja amoniako – šlapalo – šlapimo rūgšties eilės tvarka. Amoniakas yra toksiškas net mažomis koncentracijomis, bet jis gerai tirpsta vandenyje ir lengvai difunduoja per bet kokius paviršius, kurie susiliečia su vandeniu. Todėl amoniakas (paprastai amonio jono forma) yra vandens bestuburių, didžiosios dalies gėlavandenių kaulinių žuvų (2.6 pav.), varliagyvių ir jų lervų (nuolat gyvenančių vandenyje) apykaitos galutinis produktas. Amoniako molekulės sudėtyje esantis azotas prisijungia prie gamtinio apytakos rato (2.7 pav.). Jeigu gyvūnai gyvena ribotame vandens kiekyje, tai siekiant išvengti amoniako kaupimosi jų audiniuose, jis virsta daug mažiau toksišku junginiu – šlapalu.

Galutinių produktų išskyrimas šlapalo forma yra būdingas sliekams, kremzlinėms žuvims, suaugusiems varliagyviams ir žinduoliams. Be jų, didelis šlapalo kiekis nustatytas daugybės jūrų kaulinių žuvų šlapime. Šlapimo rūgštis ir jos druskos labai blogai tirpsta vandenyje; joms išskirti vanduo beveik nereikalingas. Todėl šlapimo rūgštis, kaip galutinis apykaitos produktas, yra būdingas sausringose vietovėse gyvenantiems paukščiams ir gyvūnams (sausumos vabzdžiams, ropliams). Stebimi daugybės gyvūnų grupių perėjimai tarp įvairių galutinių apykaitos produktų formų.



Azotas patenka į žuvų organizmą per pašarų baltyminių komponentų (aminorūgščių) sudėtį ir jų išskiriamas į vandenį tokia galutinio metabolizmo produkto forma, kaip amoniakas (NH_3). Jis į vandenį patenka taip pat vykstant organinių liekanų mineralizacijos procesui. Specifinės bakterijų grupės chemiškai oksiduoja ištirpintą amoniaką iki nitratų (NO_3^-), kurie patenka į bakterijų organizmą ir dalyvauja jų baltymų sintezėje.

2.6. pav. Žuvų metabolizmo azoto apytakos ratas vandens telkinyje



Žymėjimas: 1 – fiksacija azoto bakterijomis; 2 – oksidacija; 3 – denitrifikacija; 4 – įsisavinimas.

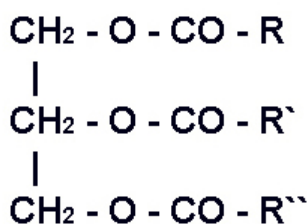
2.7. pav. Azoto apytakos rato gamtiniuose vandenyse schema

Lipidai (angl. *lipids*) – graikų k. *lipos* riebalai + *eidos* rūšis – riebalų ir riebalinių medžiagų (lipoidų) klasė. Chemijoje tai riebiosios rūgštys ir jų junginiai.

Didžioji lipidų molekulių dalis susideda iš anglies, vandenilio ir deguonies atomų. Be to, pašaruose esančių lipidų sudėtyje gali būti nedideli kiekiai kitų elementų – fosforo (fosfolipidų), azoto.

Lipidai atlieka labai svarbų vaidmenį organizmų gyvybinėje veikloje. Tai pagrindiniai biomembranų komponentai, atsarginė, organus izoliuojanti ir apsauganti medžiaga; kaloringiausia maisto dalis; svarbi gyvūnų dietos sudėtinė dalis; daugybės vitaminų pernešėjai; vandens ir druskų pernešimo reguliatoriai; imunomodulatoriai; kai kurių fermentų aktyvumo reguliatoriai; hormonai; biologinių signalų siųstuvai.

Riebalai (angl. *fats*) – pati didžiausia pašarų lipidų rūšis. Didžiąją pašarų riebalų dalį sudaro neutralūs riebalai – trigliceridai (2.8 pav.). Tai, palyginti, paprasti junginiai, kurie vykstant virškinimo procesams, skyla į sudėtines dalis – gliceriną ir riebiąsias rūgštis. Trigliceridų sudėtyje yra apie 9 % glicerino ir riebiųjų rūgščių, kurių anglies grandinės ilgiai yra skirtingi. Trigliceridų savybės priklauso nuo jų sudėtyje esančių riebiųjų rūgščių cheminės struktūros ilgio ir ypatumų.



2.8. pav. Bendroji riebalų formulė: R, R' ir R'' – riebiųjų rūgščių angliavandenilio likučiai (radikalai)

Riebalai yra daugelio gyvūnų pagrindinis energijos šaltinis. Vienas gramas visiškai oksiduotų riebalų (oksidacija vyksta ląstelėse, dalyvaujant deguoniui) suteikia 9,5 kcal (apie 40 kJ) energijos. Tai beveik du kartus daugiau nei galima gauti iš baltymų arba angliavandenių. Be to, organizmo riebalų atsargose beveik nėra vandens, o baltymų ir angliavandenių molekulės yra visada apsuptos vandens molekulių. Todėl vienas gramas riebalų suteikia beveik 6 kartus daugiau energijos nei vienas gramas gyvūninio krakmolo – glikogeno.

Kita vertus, riebalai – tai ne tik labai kaloringas „kuras“. Jų yra ląstelių komponentų, taip pat ir membranų sudėtyje, jie sudaro organizmui svarbių junginių sintezės pagrindą. Riebaluose tirpūs vitaminai (A, D, E ir K) „saugomi“ tik riebaluose ir be jų neišsavinami. Jeigu pašaruose nėra riebalų, sutrinka centrinės nervų sistemos veikla, silpnėja imunitetas.

Nepaisant didelio riebalų „energijos intensyvumo“, iš jų gaunamos energijos procesas organizme – lėtas. Tai yra susiję su riebalų ir ypač jų angliavandenilinių grandinių maža reakcine geba. Angliavandeniai, nors ir suteikia mažiau energijos negu riebalai, tačiau leidžia ją gauti gerokai greičiau. Pašarų riebalai skyla skrandyje ir žarnyne, po to per jų sienelės patenka į kraujagysles, iš kurių pernešami į kepenis ir riebalinius audinius, kuriuose vyksta jų kaupimasis. Riebalų rūgštys būna sočiosios (prisotintosios) ir nesočiosios (neprisotintosios). Nesotieji riebalai, lygiai taip pat kaip ir nepakeičiamos aminorūgštys, negali būti sintezuojami žuvų organizme ir turi patekti į jį su pašarais. Aukščiausiųjų stuburinių (taip pat ir ūkinių) gyvūnų audinių didžioji dalis susideda iš sočiųjų riebalų, o žuvų ir augalų audiniuose dominuoja nesotieji riebalai. Nesotieji riebalai yra minkšti ir nekietėja esant žemai temperatūrai, kuri yra būdinga žuvims, nes jų temperatūra atitinka aplinkos temperatūrą. Didžioji šiltakraujų gyvūnų riebalų dalis yra kietieji riebalai.

Jeigu riebalai iš skystosios būsenos pereina į kietąją, jie praranda riebaluose tirpius vitaminus (A, D, E, K), kurie greitai suyra. Riebalai kietojoje būsenoje įsisavinami žuvų virškinamajame trakte žymiai blogiau nei skystieji. O „pašildyti“ maisto, kaip šiltakraujai gyvūnai, jos negali. Šaltavandenėms žuvims skirtų pašarų sudėtyje esantys riebalai turi kietėti žemesnėje temperatūroje.

Angliavandeniai (cukrūs, angl. *carbohydrates*) – tai organiniai junginiai, kurių sudėtyje yra anglies, deguonies ir vandenilio. Jų bendroji formulė yra $C_n(H_2O)_m$, dėl to jiems ir suteiktas jų pagrindinis pavadinimas.

Augaluose angliavandeniai yra pirminiai fotosintezės produktai ir pagrindiniai pradiniai kitų medžiagų biosintezės produktai. Jie sudaro esminę daugybės gyvūnų raciono dalį. Veikiami oksidacijos procesų (biocheminis „deginimas“), jie aprūpina visas gyvąsias ląsteles energija, yra ląstelių apvalkalų ir kitų struktūrų sudėtyje. Angliavandeniai skirstomi į monosacharidus (pavyzdžiui, gliukozė, fruktozė, galaktozė), disacharidus (pavyzdžiui, sacharozė, maltozė ir kt.) ir polisacharidus (celiuliozė arba ląsteliene bei krakmolas ir jo gyvūninės kilmės analogas – glikogenas).

Su pašarais gautų ir įsisavintų angliavandenių dalį, kuri nebuvo iš karto „sudeginta“ energijos gavimo reikmėms, vandens gyvūnai transformuoja į riebalus ir glikogeną bei kaupia kepenyse ir raumenyse. Esant poreikiui, glikogenas lengvai virsta gliukoze, kuri, savo ruožtu, gali dalyvauti energinėje apykaitoje. Šiltakraujai gyvūnai suvartoja didelę dalį iš maisto gautų angliavandenių padidintai kūno temperatūrai palaikyti. Šaltakraujėms žuvims to nereikia, todėl angliavandenių kiekis neturi viršyti 20-25 % jaunikliams ir 30-35 % suaugusioms žuvims (duomenys, skirti prekybei žuvininkystei). Manoma, kad žuvims nereikia sušerti daugiau kaip 6 g angliavandenių vienam kilogramui jų svorio. Plėšrios žuvis gali lengvai įsisavinti tik žemiausio

lygmens angliavandenius arba glikogeną. Žolėdės žuvis, ypatingiems fermentams padedant, gali įsisavinti ir aukščiausio lygmens angliavandenius, pavyzdžiui, krakmolą. Kai kurių rūšių žuvis sugeba įsisavinti ląstelieną, tikriausiai dėl skrandžio ir virškinamojo trakto mikrofloros. Tačiau daugeliui rūšių ląstelienos kiekis neturi viršyti 3 %.

Žuvų rūšys (pavyzdžiui, pelaginės), kurioms būdingas didelis judamasis aktyvumas, turi gauti daugiau angliavandenių nei mažai aktyvios. Greitai augantiems jaunikliams reikia daugiau angliavandenių negu suaugusioms žuvims. Neršto ir pasiruošimo nerštui metu angliavandenių poreikis taip pat gali padidėti.

Mineralinės medžiagos yra reikalingos žuvų normaliai gyvybinei veiklai užtikrinti. Druskų pavidalo mineralinės medžiagos patenka į organizmą ne tik su maistu, bet ir iš vandens pro žuvų žiaunas, burnos ertmės gleivinę ir odą. Mineralinių medžiagų kiekis pašaruose nėra toks svarbus, jei žuvis gyvena sūriame vandenyje, kuriam būdingas didelis joninis aktyvumas.

Vitaminai – nepakeičiamos skirtingų struktūrų organinės medžiagos, kurios atlieka gyvojoje ląstelėje vykstančių procesų biokatalizatorių funkcijas ir dalyvauja medžiagų apykaitoje.

Skirtingai nei kiti nepakeičiami mitybos veiksniai (aminorūgščių, riebiųjų rūgščių ir kt.), vitaminai nėra biosintezės medžiaga arba energijos šaltinis. Tačiau jie dalyvauja praktiškai visuose biocheminiuose ir fiziologiniuose procesuose, kurių visuma sudaro medžiagų apykaitą. Vitaminų biosintezė didžiąja dalimi vyksta už gyvūno organizmo ribų, todėl gyvūnas turi gauti vitaminų iš išorės, su maistu.

Vitaminai būna tirpūs vandenyje (C, B1, B2, B6, B12 ir PP) ir tirpūs riebaluose (A, D, E, K). Be to, išskiriama vitaminų pavidalo junginių grupė. Prie vandenyje tirpių vitaminų priskiriama: askorbo rūgštis (vitaminas C), B grupės vitaminai – tiaminas (B1), riboflavinai (B2), B6, B12 (kobalaminai), niacinas (vitaminas PP), folacinas, pantoteno rūgštis, biotinas.

Riebaluose tirpių vitaminų grupei priskiriami vitaminai: A, D (kalciferoliai), E (tokoferoliai) ir K. Sėkmingas žuvų pervedimas iš natūralaus maisto prie kombinuotų pašarų tampa įmanomas tik išstudijavus žuvų vitaminų poreikį.

2.3. poskyris. Vandens cheminės sudėties įtaka žuvų medžiagų apykaitai

Medžiagų apykaita tarp organizmo ir aplinkos yra glaudžiai susijusi su vandens chemine sudėtimi. Vykstant gyvybinės veiklos procesams, žuvų organizmo vienu ar kitu medžiagų poreikis nėra vienodas ir priklauso nuo žuvų amžiaus, dydžio, lytinės brandos, vandens hidrocheminių savybių ir temperatūros.

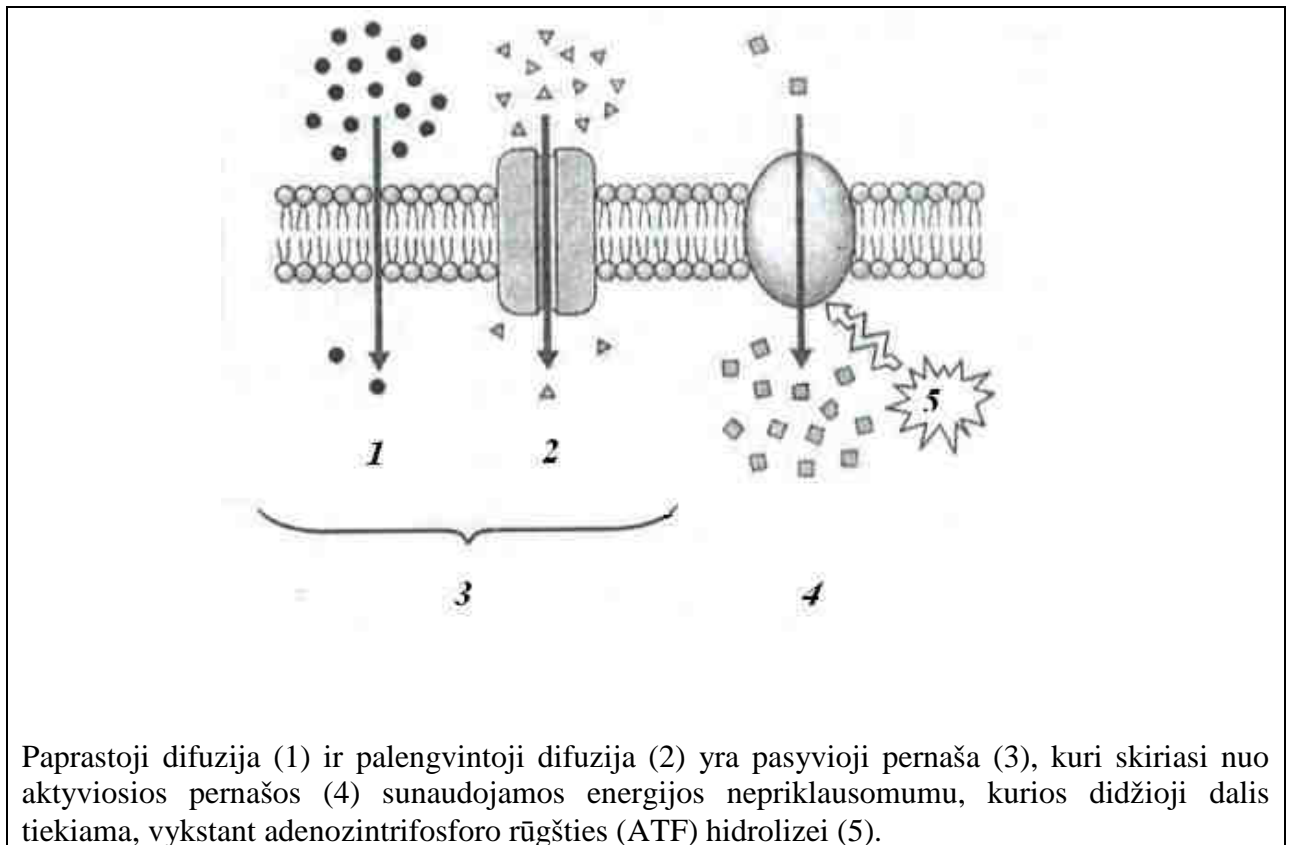
Medžiagų apykaitos procesai ant ląstelių membranų yra glaudžiai susiję su vandens chemine sudėtimi. Įvairių druskų kiekis lemia, kokios medžiagos ir kokiais kiekiais pateks į ląstelę arba pasišalins iš jos. Žuvų kūno skysčiuose yra įvairių druskų. Siekiant užtikrinti efektyvią žuvų medžiagos apykaitą, šių druskų koncentracija turi likti siaurame diapazone.

Medžiagų sintezė, kvėpavimo procesai, sudėtingų junginių irimas vyksta gyvų organizmų ląstelėse. Gyvybinės veiklos procese nuolat suvartojamos vienos medžiagos ir susidaro kitos. Naujai susidariusių molekulių dalis lieka ląstelėje, dalis pernešama į kitas ląsteles arba išskiriama į aplinką. Gyvybinės veiklos procesui užtikrinti reikalingas pastovus pradinių sudėtinių dalių tiekimas ir pašalinių produktų, susidariusių vykstant biocheminėms reakcijoms, šalinimas iš ląstelės.

Molekulių pernešimas vyksta specifinės struktūros jungiamuosiuose audiniuose. Prieš patekdamos į ląstelę arba prieš pasišalindamos iš jos, visos medžiagos turi praeiti pro ląstelės membraną, kuri atskiria ląstelę nuo išorinės aplinkos (2.9 pav.). Medžiagų apykaitos procesai ant membranų yra glaudžiai susiję su vandens chemine sudėtimi.

Įvairių druskų kiekis lemia, kokios medžiagos ir kokiais kiekiais pateks į ląstelę arba pasišalins iš jos. Organizmo gyvybinei veiklai užtikrinti reikalingi produktai paprastai pernešami pro membraną kaip įkrauti jonai. Pernešimas gali vykti aktyviai, naudojant kitų procesų energiją arba pasyviai, padedant jonų nuosavai kinetinei energijai. Pasyvioji pernaša – įvairių jonų difuzija pro membraną – vyksta skirtingu greičiu.

Santykinę įvairių jonų gebą difunduoti pro membraną lemia prasiskverbimo koeficientas P . Lengviau nei kiti per membranas prasiskverbia K^+ jonas, todėl K^+ atžvilgiu santykinai priimama P vertė yra 1,0. Jonų prasiskverbimo pro membraną greitis taip pat priklauso nuo šio jono koncentracijų skirtumo abiejose membranos pusėse. Kuo didesnis koncentracijų skirtumas, tuo daugiau jonų difunduoja į jų mažesnės koncentracijos pusę.



2.9. pav. Molekulių ir jonų transmembraninio transporto rūšių schema

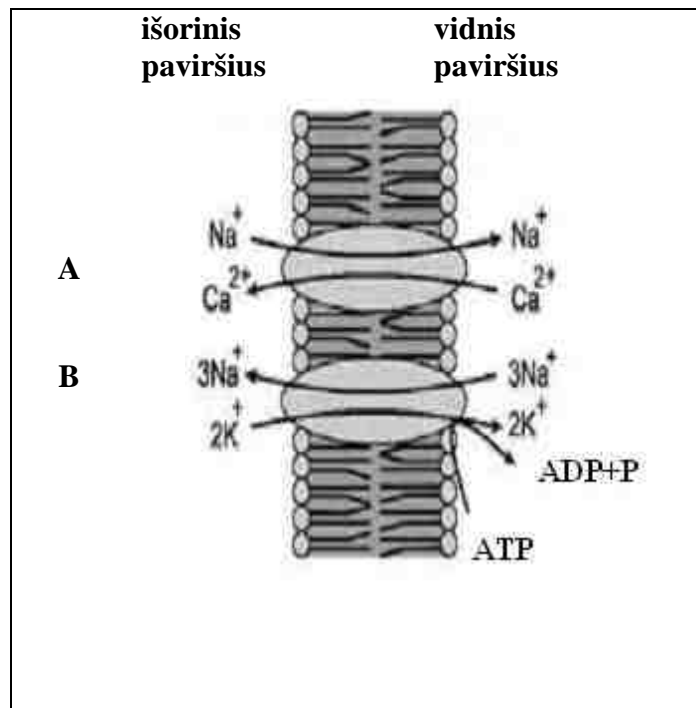
Be difuzijos, vykstančios dėl koncentracijos skirtumų, egzistuoja aktyvioji jonų pernaša, kai judėjimas vyksta dėl elektromechaninio potencialo skirtumų pro specialias membranos dalis. Toks judėjimas taip pat gali vykti ir nuo mažesnės koncentracijos link didesnės. Proceso varomoji jėga šiuo atveju yra ATF molekulių formos energijos atsargos (pirminė aktyvioji pernaša) arba kito jono (dažniausiai Na^+ arba H^+) pasyviosios pernašos energija (antrinė aktyvioji pernaša) (2.10 pav.).

Supaprastintai gyvosios ląstelės struktūra atsrodo taip: ląstelės sienelėje (gana kietame darinyje) esti protoplastas (gyvoji ląstelės dalis), kuriame yra visi ląsteliniai organizmai, esantys sudėtingame tirpale – citoplazmoje (2.11 pav.).

Ląstelės citoplazminei membranai būdingas atrankinis skvarbumas įvairių jonų atžvilgiu, vadinasi, skirtingos medžiagos prasiskverbia pro membraną skirtingais greičiais. Tai lemia skirtingas atskirų membranos sudėtinių dalių tirpumas ir skirtingas perpumpavimo greitis, vykstant aktyviajai pernašai. Todėl tam tikros medžiagos abiejose membranos pusėse pasisikirsto netolygiai.

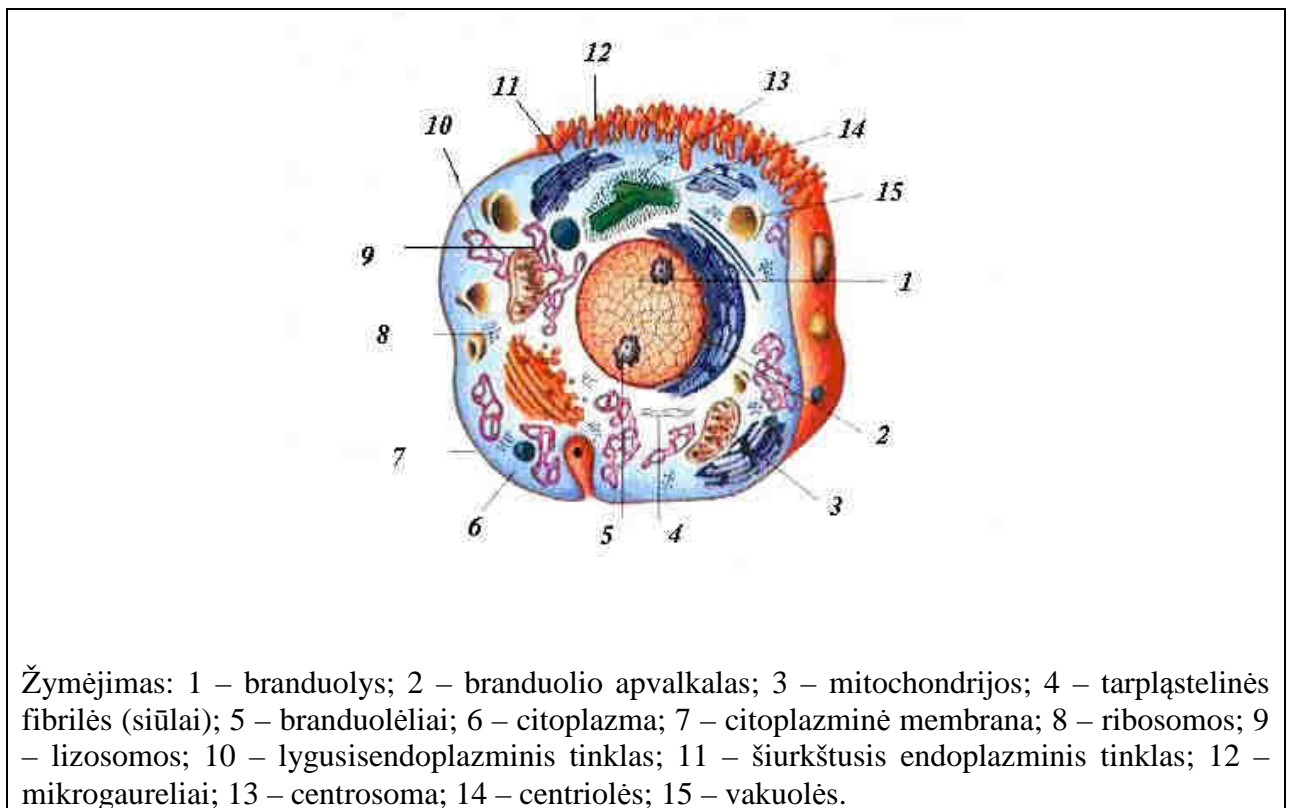
Memrabos

Memrabos



Pirmuoju atveju, Ca^{2+} jonų pernašą prieš koncentracijos gradientą užtikrina Na^{2+} jonų pasyviojo prasiskverbimo į ląstelę energija. Antruoju atveju, jonų pernašos energiją užtikrina adenosintrifosforo rūgšties (ATP) hidrolizės iki adenosindifosforo (ADP) ir fosforo (P) rūgščių reakcija.

2.10. pav. Druskų aktyvioji pernaša pro membraną: antrinė (A) ir priminė (B) aktyvioji pernaša.



Žymėjimas: 1 – branduolys; 2 – branduolio apvalkalas; 3 – mitochondrijos; 4 – tarpląstelinės fibrilės (siūlai); 5 – branduolėliai; 6 – citoplazma; 7 – citoplazminė membrana; 8 – ribosomos; 9 – lizosomos; 10 – lygusis endoplazminis tinklas; 11 – šiurkštusis endoplazminis tinklas; 12 – mikrogaureliai; 13 – centrosoma; 14 – centriolės; 15 – vakuolės.

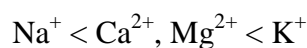
2.11. pav. Apibendrinta gyvūnų ląstelės sandaros schema:

Ląstelės aktyviai įsisavina kalį, o šalia jo esantį natrij, atvirkščiai, išstumia į išorinę aplinką. Dėl didesnės kai kurių jonų koncentracijos, ląstelės viduje susidaro osmosinis (difuzinis)

slėgis, apibūdinantis membranos atstumto skysčio siekį sumažinti koncentraciją (atsiskiesti). Osmosinis slėgis gali siekti dešimtis atmosferų. Šis slėgis kuria įtemptą ląstelės apvalkalo būseną. Membranos įtempimas taip pat priklauso nuo išorinio tirpalo.

Priklausomai nuo išorinio tirpalo osmosinio slėgio ir slėgio ląstelėje santykio, tirpalai skirstomi į tris grupes. Izotoniniai – juose slėgio skirtumas nedidelis (mažesnis nei 0,5–1,0 atm.); hipertininiai – jų slėgis yra didesnis nei ląstelėje; ir priešingi jiems – hipotoniniai. Jeigu ląstelė yra hipertoniame tirpale, joje vyksta vandens išsiurbimas, tai sukelia ląstelės dydžio mažėjimą ir membranos traukimąsi. Iš hipotoninių tirpalų vanduo patenka į ląsteles, tai sukelia jų brinkimą (net iki membranos plyšimo) ir dalies aktyviųjų medžiagų praradimą.

Organizmo skysčių osmosinio slėgio reguliavimo procesų visuma vadinama osmoreguliacija. Šis procesas stebimas daugumoje organizmų. Gėlavandenėse žuvyse vanduo, kartu su jame esančiomis druskomis, aktyviai prasiskverbia į ląsteles pro kūno paviršių ir žiaunas, ir šalinamas iš organizmo pro inkstus. Sūriame vandenyje gyvenančiose žuvyse patekęs į organizmą vanduo šalinamas pro odą, o didžioji dalis NaCl šalinama pro žiaunas, padedant specialioms liaukoms. Vandens augalai ir gėlavandenės žuvys patenkina jonų poreikį, gaudami jų iš vandens. Jeigu vandenyje nėra reikiamų elementų, esant normaliam osmosinių slėgių santykiui, keičiasi atskirų elementų kiekis, tai yra keičiasi jonų santykis organizme. Kai kuriais atvejais tai sukelia biocheminių procesų sutrikimą. Atliekant eksperimentus su gėlavandenėmis žuvimis, buvo nustatyta, kad jos nebloggerai toleruoja izotoninius tirpalus, gautus atskiedus jūros vandenį, tačiau vienos iš druskų – kalio, magnio, natrio arba kalcio – hipotoniniai tirpalai sukeldavo mirtį. Pagal savo toksiškumą, šie jonai sudaro tokią eilę:



Bandymai parodė, kad poveikį žuvims daro Na^+ kiekis kraujyje. Didėjant Na^+ koncentracijai vandenyje, atitinkamai didėja ir jo kiekis kraujyje, o K^+ kiekis mažėja. Didėjant kalio koncentracijai, organizmas prisotina natrio. Taigi, kalis sukelia netiesioginį toksišką poveikį. Žuvų prisotinimas natriu priklauso nuo žuvų lyties. Patelių kraujas greičiau prisotina natrio (galbūt, dėl kiaušidžių reakcijos). Įsisavinant Na^+ yra reikalingas didelis energijos kiekis. Organizmui asimiliuojant Na^+ , jį pakeičia NH_4^+ . Organizmas iš organinių azotinių junginių gali išskirti amonį. Tokiu būdu padidėjęs natrio suvartojimas sukelia baltymų apykaitos sutrikimą. Augaluose natrio koncentracijos didėjimas sukelia kalio jonų prasiskverbimo pro ląstelių membranas blokadą. Augalas gali patirti kalio badą net ir esant gana dideliai absoliučiajai kalio koncentracijai.

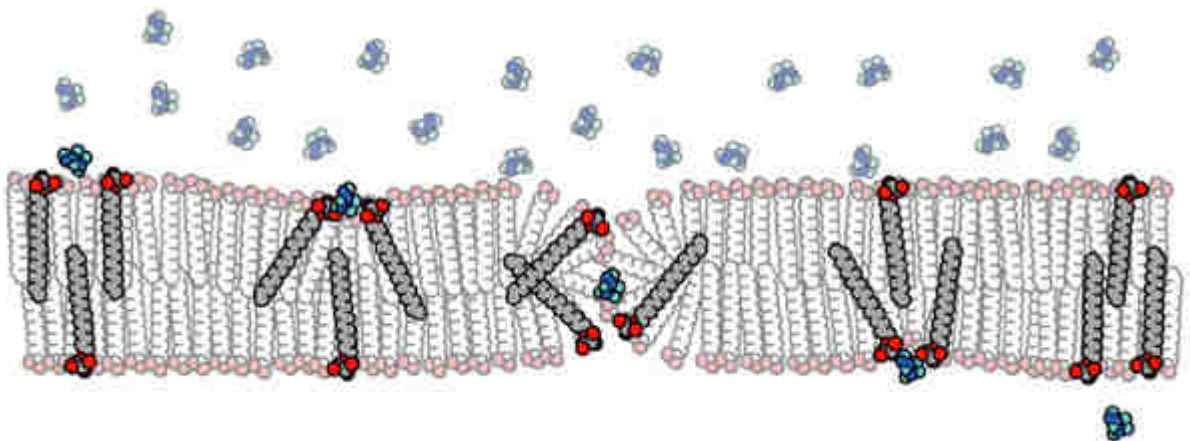
Anijonai taip pat daro skirtingą poveikį gyvūnams ir augalams. Pavyzdžiui, žuvims nitratai yra daug nuodingesni už chloridus. Augalams toksiškiausi yra chlorido jonai Cl^- , po to

sulfato ir karbonato jonai (SO_4^{2-} ir CO_3^{2-}). Be osmosinio slėgio ir absoliučiosios vieno ar kito jono koncentracijos vandenyje, didelę fiziologinę reikšmę turi vandenyje ištirpusių jonų santykis. Daugumoje gamtinių vandenų vienvalečių ir divalečių jonų suminis kiekis yra maždaug vienodas. Tokiam santykiui yra pritaikyti vandens organizmų gyvybinės veiklos procesai. Žinoma, skirtinguose Žemės rutulio regionuose vandens sudėtis skiriasi, bet organizmai turi galimybę prisitaikyti prie kai kurių cheminės sudėties pokyčių.

Druskų pusiausvyros palaikymas ir žuvų osmosinės reguliacijos sistema

Žuvų kūne esančių skysčių sudėtyje yra įvairių druskų. Siekiant užtikrinti efektyvią žuvų medžiagų apykaitą, šių druskų koncentracija turi likti siaurame diapazone. Gėlavandenių žuvų raumenų skystyje yra daugiau druskų negu jas supančiame vandenyje. Jūrų žuvyse atvirkščiai – jų viduje yra mažiau druskų negu jūros vandenyje. Jei žuvis būtų visiškai nelaidžios vandeniui, jos galėtų palaikyti savo vidinį vandens ir druskų balansą, nevartodamos energijos.

Tačiau, iš tikrųjų, žuvis „praleidžia“ vandenį taip, kad vanduo ir druskos gali prasiskverbti pro plonus epitelinius paviršius, ypač pro žiaunas. Vanduo prasiskverbia pro gėlavandenių žuvų žiaunas vykstant osmoso procesui, o druskos išsiskiria per žiaunas, vykstant natūraliai difuzijai. Todėl žuvis turi vartoti energiją, kad galėtų pasipriešinti šioms jėgoms. Būtent tai jos ir daro vykstant procesui, kuriam yra suteiktas osmosinės reguliacijos pavadinimas (2.12 pav.).



2.12. pav. Druskų jonų prasiskverbimo pro membraną schema

Gėlavandenių žuvų osmosinė reguliacija vyksta derinant fiziologinius procesus, dažniausiai vykstančius inkstuose ir žiaunose. Inkstų funkcija yra šalinti vandens perteklių iš kūno. Tai pasiekama dėl inkstų audinio viduje esančių specialių vamzdinių struktūrų, kurios filtruoja vandenį iš kraujo ir išveda jį į šlapimo pūslę, iš kurios jis šalinamas kaip šlapimas. Ne visos žuvų

grupės turi šlapimo pūslę ir jos negalima painioti su plaukiojimo pūsle. Esant vienodam svoriui, gėlavandenės žuvys gamina apytiksliai 10 kartų daugiau šlapimo nei jūrų žuvys (ir atitinkamai maždaug 10-20 kartų daugiau negu sausumos gyvūnai).

Tačiau žuvys ne tik priverstos kovoti su perteklinio vandens patekimu į organizmą, bet ir turi išsaugoti jų kūne esančias druskas. Reikiamą proporcinį druskų šlapime kiekį inkstai sugeria dar iki šlapimo išskyrimo. Be to, žiaunose yra specialios ląstelės – chloridinės ląstelės, kurios taip pat padeda palaikyti druskų santykį dėl aktyviojo druskų (jonų forma) sugėrimo tiesiai iš vandens. Tokia druskų sugėrimo sistema, reikalaujanti energijos sąnaudų, vadinama „jonų siurbliu“. Šis procesas vyksta abiejomis kryptimis ir nepageidaujami jonai (tokie kaip amoniako jonai NH_4^+) pakeičiami naudingais jonais (pavyzdžiui, natrio jonais Na^+).

2.4. poskyris. Fizikinių ir cheminių vandens savybių poveikis pagrindiniams žuvų organizmo biologiniams procesams. Žuvų medžiagų apykaitos priklausomumas nuo vandens temperatūros

Vandens terpės temperatūra – tai reikšmingiausias gamtos veiksnys, turintis tiesioginės įtakos poikiloterminių gyvūnų medžiagų apykaitai. Prie šių gyvūnų priskiriami visi hidrobiontai, įskaitant ir žuvis (2.13 pav.).

Pagal temperatūros diapazoną, kuriame yra įmanoma normali gyvybinė veikla, visas žuvis galima suskirstyti į mėgstančias šilumą (kuojos, sazanai (karpiai), karosai, lynai, žolėdės rūšys (plačiakakčiai, baltieji amūrai), eršketinės žuvys ir kitos) ir mėgstančias šaltį (upėtakiai, sykai, lašišos, vėgėlės ir kt.).

Pirmųjų atstovų medžiagų apykaita yra efektyvesnė aukštoje temperatūroje. Jie intensyviai maitinasi ir yra aktyvūs esant temperatūrai nuo +17 iki +28°C. Vandens temperatūrai nukritus iki +17°C, jų maitinimosi aktyvumas silpnėja (o žiemą daugelio rūšių iš viso nutraukiamas). Priešžiemį ir visą žiemą šios žuvys, mažai judėdamos, praleidžia giliose vandens telkinio vietose. Tai yra susiję su temperatūrine stratifikacija – temperatūros keitimu, priklausomai nuo vandens telkinio gylio (2.14 pav.). Pagal šį rodiklį išskiriami trys pagrindiniai sluoksniai: *epilimnionas*, *metalimnionas* ir *hipolimnionas*.

Epilimnionas – viršutinis, intensyviausiai permaišomas vandens telkinio sluoksnis, kuriame yra stebima homotermija arba silpnai išreikšta temperatūrinė stratifikacija. *Hipolimnionas* – apatiniai, šaltesni ežero vandens sluoksniai, žemiau epilimniono. Jiems būdingas nepakankamas apšvietimas (tai trukdo fotosintezai) ir mažas deguonies kiekis. *Metalimnionas* – tarpinis ežerų ir telkinių vandens sluoksnis, esantis po epilimnionu ir virš hipolimniono. Pagal gylį metalimnionas sutampa su temperatūros šuolio ir vandens tankio sluoksniu. Be to, jame paprastai

stebimi dideli vertikalūs deguonies, pH, biogeninių ir organinių medžiagų kiekio gradientai. Metalimniono storis vasarą yra keli metrai, o rudenį didėja iki kelių dešimčių metrų giliausiuose Rusijos ežeruose. *Eutrifiniuose* vandens telkiniuose (negiliuose, gerai šildomuose telkiniuose, kuriuose yra didelis maitinamųjų medžiagų kiekis ir aukštas produktyvumas), esant reikšmingam vertikaliam vandens tankio gradientui, virš *piknoklino* užsilaiko daug detrito (liekanų), kuris nusėda iš epilimniono. Dėl jo intensyvaus irimo, kurį sukelia bakterioplanktonas, šiame pasluoksnyje, be vandens padidėjusio drumstumo ir oksidacijos, gali būti stebimas jo prisisotinimo deguonimi sumažėjimas. *Piknoklinas* – staigus vandens tankio padidėjimas gylyje, žemiau permaišyto sluoksnio.

Šaltį mėgstančioms žuvims optimali yra +8 °C – +16 °C temperatūra. Žiemą jos aktyviai maitinasi, o neršia rudenį ir žiemą. Yra žinomas faktas, jog žuvis „pripranta“ prie atšalimo ir vandens temperatūros sumažėjimo, pertvarkydamos savo metabolizmą tik per 17-20 parų. Pavyzdžiui, kiršlių energijos sąnaudos sumažėja 20 %, kai vandens temperatūra sumažėja nuo +12 °C iki +4 °C.

Sumažėjus vandens temperatūrai, didėja deguonies tirpumas, todėl žiemą vandens prisisotinimas deguonimi yra gana didelis. Jeigu žema vandens temperatūra išlieka ilgą laiką, žuvis ne tik turi turėti pakankamas riebalų atsargas kaip energinę medžiagą, bet ir palaikyti šiuo laikotarpiu normalią medžiagų apykaitą.

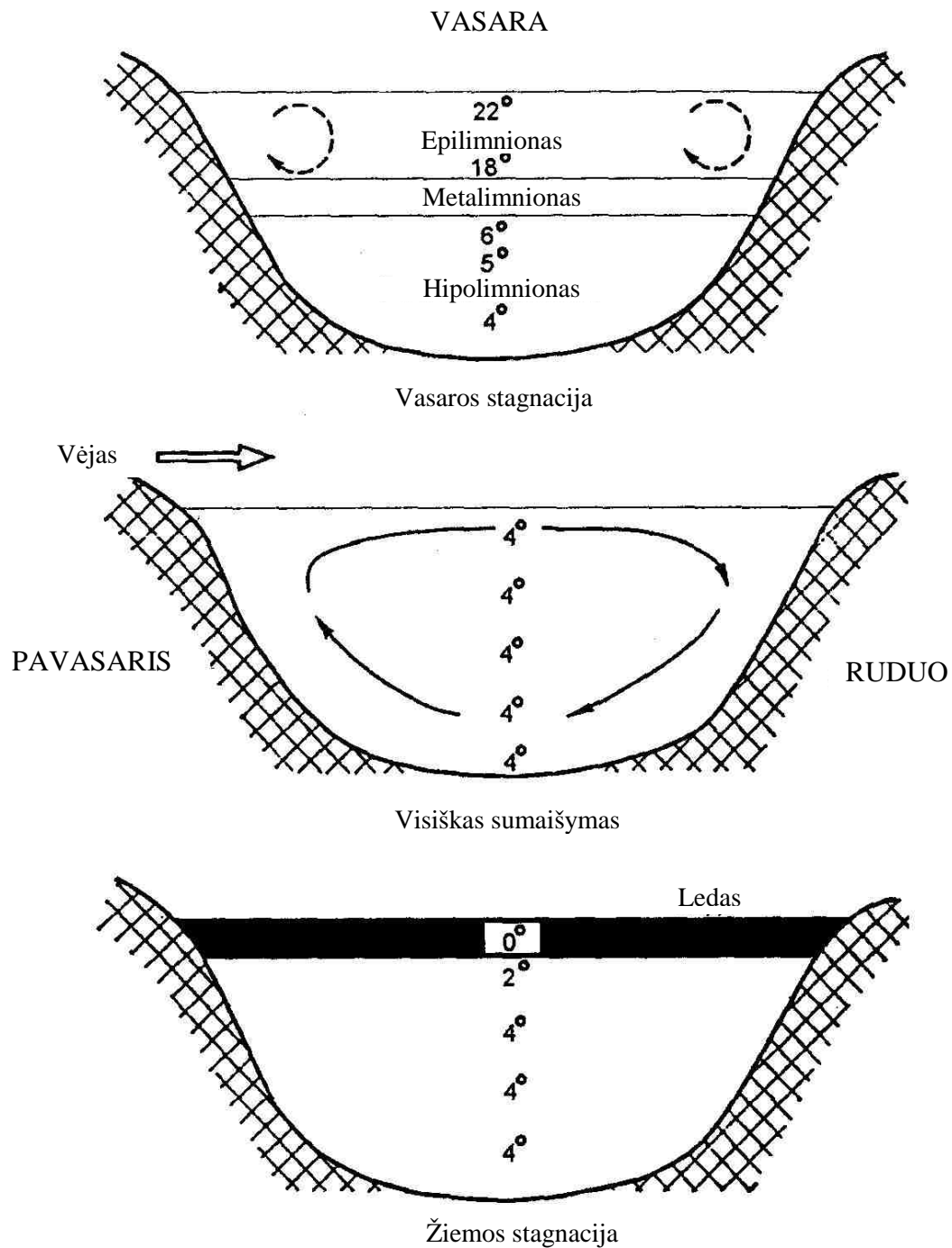


Bendras kūno ilgis (mm)
Svoris (mg)

Auginimo laikotarpis (dienos)

2.13. pav. Sterkų lervų augimo dinamika, esant skirtingai vandens temperatūros vertei

Gebėjimas prisitaikyti prie besikeičiančių aplinkos sąlygų yra vienas iš svarbiausių gyvų būtybių ypatumų. Jų pasiskirstymą, skaičių ir bioįvairovę daugiausiai lemia adaptavimosi mechanizmų efektyvumas. Būtent jie suteikia organizmams galimybę egzistuoti tokiomis sąlygomis, kurios dažnai beveik netinka gyvenimui, o kartais, kaip galėtų pasirodyti iš pirmo žvilgsnio, net nesuderinamos su juo.



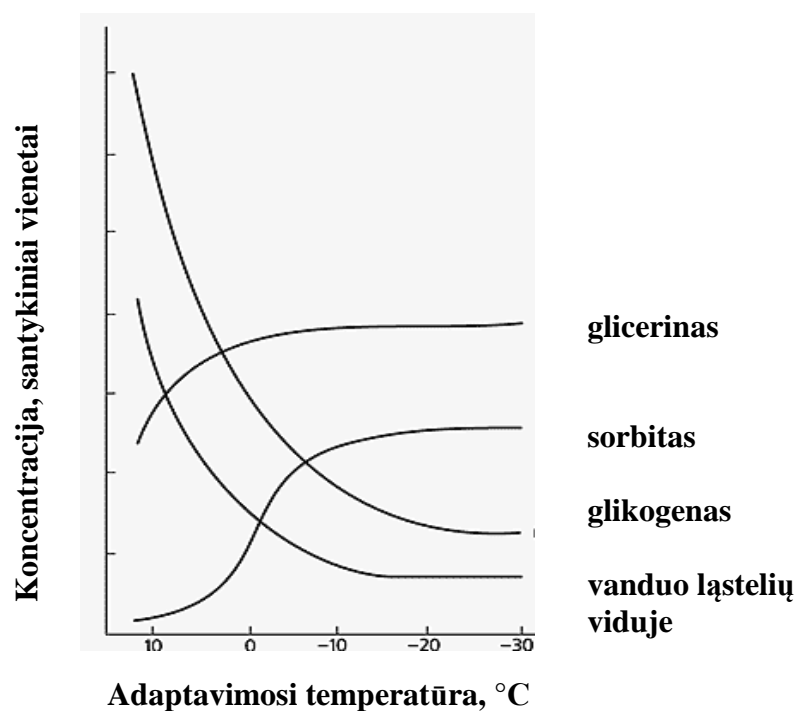
2.14. pav. Temperatūrinė vandens telkinio stratifikacija

Žuvų temperatūrinės adaptacijos mechanizmai yra skirtingi. Poliarinių zonų šaltakraujų gyvūnų atsparumą žemomai temperatūrai lemia keli mechanizmai. Šių zonų gyvūnų biologiniuose skysčiuose (kraujyje ir limfoje) yra biologinių antifrizų – peptidų (2.15 pav.) ir glikoproteinų, kurie neleidžia vandeniui užšalti ląstelėse.



2.15. pav. Poliarinės plekšnės kraujo *Maxi* baltymo sandaros schema.

Be to, atsparumą šalčiui užtikrina daugiaatomis spiritas – glicerinas ir sorbitas. Jeigu peptidai ir glikoproteinai stabdo ledo mikrokristalų augimą ląstelėse, tai glicerinas pakeičia vandenį, kuris, nukritus temperatūrai, šalinamas į terpę už ląstelių ribų (ten ledas yra mažiau pavojingas). Glicerinas ypač padeda baltymų ir biologinių membranų struktūrai stabilizuotis (2.16 pav.).

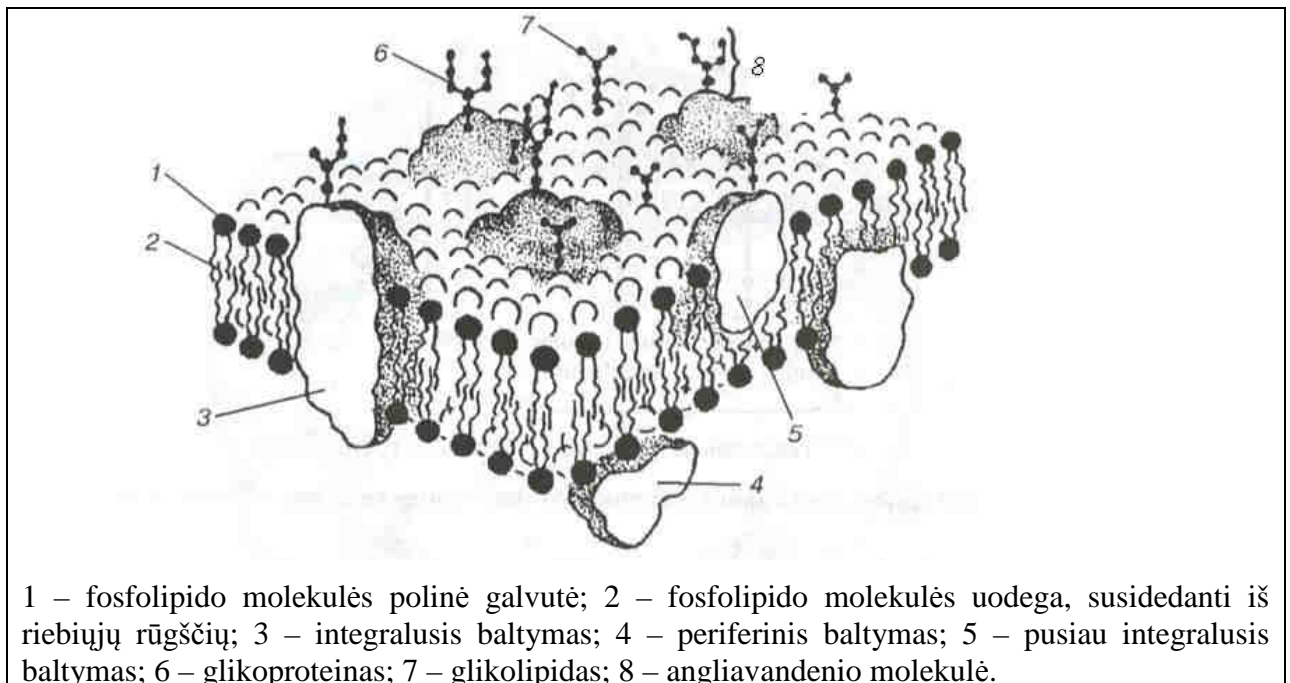


2.16. pav. Glikogeno, sorbito ir glicerinio kiekio pokyčiai, vykstant lašalų lervų temperatūrinei adaptacijai.

Daugumos jūrų gyvūnų skysčių užšalimo temperatūros mažinime dalyvauja kraujyje esanti gliukozė, aminorūgštys ir druskos (visų pirma NaCl). Kuo daugiau šių molekulių tirpale, tuo mažiau galimybių vanduo turi susiformuoti į ledo kristalus. Toks mechanizmas vadinamas koligatyviuoju (pakaitiniu).

Stambiamolekuliniai antifrizai adsorbuojasi ląstelių viduje ant smulkesnių (ir todėl nelabai pavojingų) ledo kristalų ir neleidžia jiems augti. Tai labai efektyvūs krioprotektoriai: tokiu būdu glikoproteinai lėtina skysčių užšalimą 200–300 kartų stipriau nei medžiagos, kurioms būdingas koligatyvusis veikimo mechanizmas. Stambiamolekuliniai antifrizai sudaro didelę dalį visų skysčių svorio. Jeigu jų yra tirpale, šio tirpalo užšalimo temperatūra yra žemesnė už atitirpimo temperatūrą. Antarktinių žuvų kūno skysčiuose visada yra antifrizų (3,5 % visų biologinių skysčių svorio), tai lemia genotipiniai mechanizmai. Kituose organizmuose jie susidaro priklausomai nuo sezoninių aplinkos temperatūros svyravimų (fenotipinė adaptacija). Antifrizų sintezė reguliuojama tiek ekzogeniškai (dalyvaujant aplinkos temperatūrai ir dienos trukmei), tiek endogeniškai (kontroliuojama hipofizės).

Membraninių lipidų agregatinė būseną. Medžiagų apykaitos intensyvumas yra susijęs su ląstelių membranomis, kurių būseną priklauso nuo membraninių lipidų. Jų klampumo laipsnis lemia membraninių fermentų veiklą, jonų transportą, sinapsinį perdavimą ir kitus procesus. Lipidinis biosluoksnis paprastai yra skystųjų kristalų būsenoje. Tačiau, mažėjant temperatūrai, membranos „kietėja“ ir dauguma membraninių procesų sulėtėja. Reikiamas membranų klampumo laipsnis žemoje temperatūroje palaikomas keičiantis membranų lipidinių komponentų – sočiųjų ir nesočiųjų riebalų rūgščių – santykiui į pastarųjų pusę (jos užtikrina didesnę lipidinio biosluoksnio purumą) (2.17).



2.17. pav. Ląstelės membranos sandaros schema

Šių dviejų rūšių riebiųjų rūgščių santykis gali keistis sintezės ir patekimo į fosfolipidų molekules metu, taip pat pasikeitus dvigubų ryšių skaičiui. Be to, sočiosios riebalų rūgštys gali virsti nesočiosiomis, veikiant desaturazės fermentui, kuris tampa aktyvus, keičiantis

temperatūrai. Šaltame vandenyje gyvenančiose žuvyse yra daugiau riebiųjų rūgščių negu gyvenančiose vidutinio ir atogrąžų klimato platumose. Tai suteikia Arktikos ir Antarktikos gyvūnų metabolinėms sistemoms galimybę normaliai funkcionuoti.

Aminorūgščių pakeitimas. Didelė problema, gresianti šaltakraujų gyvūnų medžiagų apykaitai esant žemai temperatūrai, yra konformacinio baltymų lankstumo sumažėjimas, kuris trukdo gyvūnams atlikti savo funkcijas. Tam tikro molekulių lankstumo palaikymas yra pasiekiamas vykstant mutacijoms, kurios sukelia aminorūgščių pakeitimą aukštesiose platumose gyvenančių gyvūnų baltymuose. Tokio pakeitimo pobūdis išsamiai išstudijuotas taikant laktatdehidrogenazės fermento pavyzdį. Lyginant šio baltymo (kuris išskirtas iš Antarktikos ir Pietų Amerikos nototeninių žuvų griaučių raumenų), aminorūgštines sekas, buvo nustatyta, kad pakeitimai yra lokalizuoti vienoje iš α -spiralių, sudarančių aktyvų fermento centrą. Daugumoje vidutinio klimato platumų žuvų, šios α -spiralės pradžioje, yra prolino likutis, suteikiantis šiai daliai tam tikrą „kietumą“. Antarktikos nototeninėse žuvyse prolinas yra pakeičiamas alaninu, kuris užtikrina lankstesnę aktyviojo laktatdehidrogenazės centro struktūrą, kuri yra labai reikalinga esant žemai temperatūrai. Tai tik vienas iš daugybės genotipinių adaptacijų pavyzdžių.

Energinės apykaitos kompensacija. Dar vienas svarbus prisitaikymas prie šalčio yra susijęs su šaltakraujų gyvūnų energinio metabolizmo lygio kompensacija. Tokiu būdu, mitochondrijų (intraląstelių organelių) koncentracija poliarinių žuvų raumenyse yra didesnė negu tų pačių rūšių arba jų artimų giminaičių (kurie gyvena vidutinio ar atogrąžų klimato platumose) raumenyse. Dėl šių skirtumų poliarinių organizmų kvėpavimo intensyvumas yra didesnis nei vidutinio klimato juostos gyvūnų, esant vienodai, paprastai 20°C, temperatūrai. Kita metabolizmo kompensacijos rūšis – žemesnis fermentinės reakcijos energinis barjeras poliarinių gyvūnų audiniuose, palyginti su vidutinio klimato juostos gyvūnais.

Esant sezoniniams arba trumpesnį laiką (kelias savaites) trunkantiems temperatūros svyravimams, adaptavimosi mechanizmai yra fenotipiniai, jie formuojasi per vienos kartos gyvenimą, yra grįžtamieji ir „neįrašyti“ genome. Šiuo atveju, šaltakraujai gyvūnai yra priversti pritaikyti savo metabolizmą prie naujo temperatūros režimo.

Vienas iš tokių fenotipinių adaptacijų mechanizmų yra temperatūra indukuotų vieno ar kitų fermentų izoformų sintezė. Fermentų izoformos yra geriau pritaikytos prie naujų sąlygų. Pavyzdžiui, vaivorykštinių upėtakių, kurie tris savaites išbuvo žemoje temperatūroje, smegenyse sintezuojasi specifinė „šaltinė“ acetilcholinesterazės (acetilcholiną skaidančio fermento) izoforma. Temperatūra indukuotos esterazės izoformų susidarymas taip pat stebimas ir kitų rūšių žuvų organizme. Tačiau tokia indukcija – gana retas reiškinys. Kitas mechanizmas yra susijęs su fermentų funkcinų savybių pokyčiais, nesikeičiant jų izoformoms. Buvo nustatyta, kad žuvims

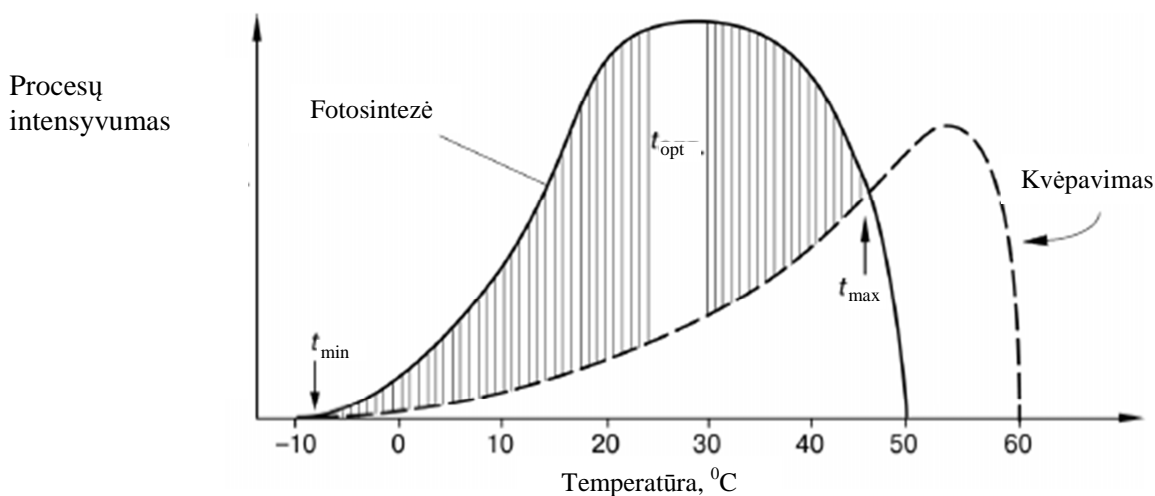
adaptuojantis prie žemos ir aukštos temperatūros, per kelias savaites keičiasi fermentų funkcinės savybės. Taikant laktatdehidrogenazės, esančios vijūnų griaučių raumenyse, pavyzdį, parodyta, kad Michaelio konstantos (KM) vertė (pagal kurią galima spręsti apie fermento ir substrato giminingumą) priklauso nuo kelių veiksnių, taip pat nuo temperatūros: esant optimaliai temperatūrai, KM yra mažiausia (tai yra fermento-substrato giminingumas yra didžiausias), vadinasi, fermentas funkcionuoja efektyviausiai. Prie šalto vandens prisitaikiusiose žuvyse fermento-substrato giminingumas, esant žemai temperatūrai, yra didžiausias. Į šiltą vandenį perkeltose žuvyse per dvi-tris savaites fermento optimumas pamažu slenka į aukštos temperatūros pusę. Vadinasi, esant naujoms sąlygoms, per šį laikotarpį fermentas persitvarko darbui.

Vandenyje ištirpusių dujų įtaka žuvų medžiagų apykaitai.

Žuvų gyvenamosios terpės – vandens sudėtyje yra ištirpusių dujų (ypač deguonies, azoto ir nedidelis kiekis anglies dioksido).

Deguonies kiekis vandenyje priklauso nuo dviejų priešinga kryptimi vykstančių procesų:

- vandens prisisotinimo deguonimi;
- jo kiekio vandenyje sumažėjimo (2.18 pav.).



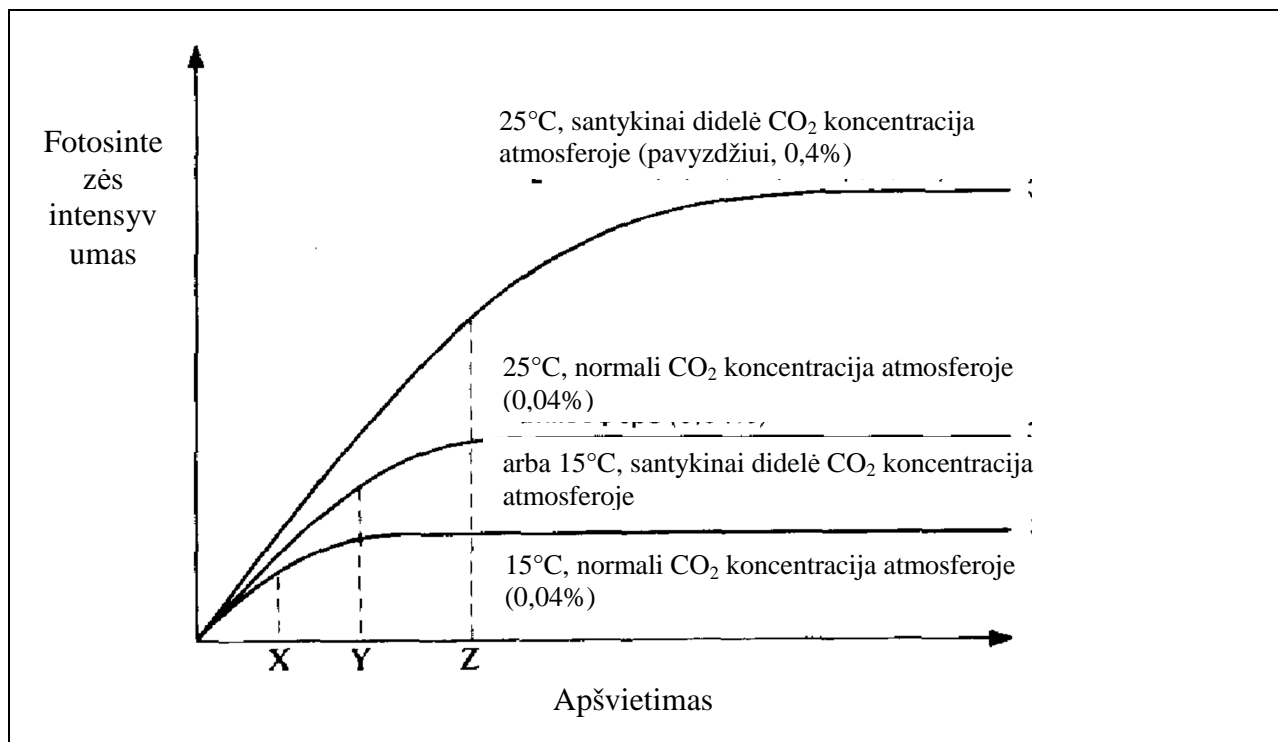
Žymėjimas: t_{\min} ir t_{\max} – mažiausia ir didžiausia suminio proceso temperatūra, t_{opt} – optimalios temperatūros intervalas, kuris atitinka didžiausią vandens prisotinimą deguonimi.

2.18 pav. Vandens prisisotinimo deguonimi (dėl fotosintezės) bei jo koncentracijos sumažėjimo (dėl kvėpavimo) procesų intensyvumas.

Vandens prisisotinimas deguonimi vyksta fotosintezės proceso metu vandens augalams jį išskiriant ir jam patenkant į vandenį iš atmosferos. Vandens prisisotinimas deguonimi vyksta tik tuo atveju, jei jo faktinis kiekis vandenyje yra mažesnis už normalų kiekį, esant tam tikrai temperatūrai ir parcialiniam oro slėgiui. Dujų plitimo greitis yra labai mažas, todėl stovinčiuose

ir mažai pratakiuose vandens telkiniuose šis procesas vyksta labai lėtai. Esant intensyviai tēkmei, stipriam vėjui arba pūslams, vandens prisisotinimas deguonimi pastebimai greitėja.

Galingas vandens prisisotinimo deguonimi šaltinis yra vandens augalų fotosintezė. Fotosintezės intensyvumas priklauso nuo temperatūros ir apšvietimo. Vandens telkiniuose fotosintezė paprastai vyksta nedideliame gylyje, daugiausiai paviršiniuose vandens sluoksniuose, kurie gerai šildomi ir apšviečiami (2.19 pav.).



2.19. pav. Temperatūros ir anglies dioksido (CO₂) koncentracijos įtaka fotosintezės intensyvumui

Kartu su vandens prisisotinimu deguonimi, vandenyje vyksta priešingi procesai, mažinantys jo kiekį vandens telkinyje. Beveik visi vandenyje vykstantys biocheminiai procesai yra susiję su deguonies vartojimu – bakterijų sukeliama organinių ir neorganinių junginių oksidacija, gyvūnų ir augalų kvėpavimu.

Tarp išvardytų veiksnių, didžiausią įtaką ištirpusio deguonies koncentracijai daro bakterijų sukeliama oksidacija. Taip, pavyzdžiui, organinių medžiagų oksidacijos reikmėms, esant 380 mg/m² dumblo nuosėdų masei, per vegetacijos sezoną visoje vandens telkinio akvatorijoje suvartojama 250 tūkst. t deguonies.

Reikšmingas deguonies kiekis suvartojamas ir hidrobiontų kvėpavimo reikmėms, be to, didėjant vandens temperatūrai jų kvėpavimo intensyvumas taip pat didėja, tai lemia ir suvartojamo deguonies kiekio didėjimą.

Visos žuvis kvėpuoja vandenyje ištirpusiu deguonimi, todėl jo kiekis vandenyje joms turi lemiamą reikšmę. Tik nedaugelis žuvų beveik prisitaikė kvėpuoti virš vandens esančiu

deguonimi. Žuvų reakcija į deguonies kiekį vandenyje yra nevienoda. Paprastai pelaginės, upių ir šaltį mėgstančios žuvys yra labiau reiklios deguonies kiekiui, palyginti su dugninėmis, ežerų ir šilumą mėgstančiomis žuvimis. Pagal deguonies kiekį, reikalingą normaliam žuvų vystymuisi užtikrinti, jos skirstomos į kelias grupes:

– žuvys, kurioms reikia labai daug deguonies vandenyje (7–12 mg/l); jam sumažėjus iki 5 mg/l, žuvų kvėpavimas tampa praktiškai neįmanomas (upėtakiai, sykai);

– žuvys, kurioms taip pat reikia daug deguonies vandenyje, bet kurios gali išgyventi esant jo kiekiui 5–7 mg/l (kiršliai);

– žuvys, kurioms reikalingas mažesnis deguonies kiekis ir kurios lengviau toleruoja jo kiekio sumažėjimą iki 4 mg/l (ešeriai, karpiai, kuojos, lydekos);

– žuvys, kurioms pakanka dar mažesnio deguonies kiekio ir kurios gali gyventi vandens telkiniuose, kuriuose jo kiekis sumažėja iki 0,5–2,0 mg/l (lynai, sazanai, karosai).

Paprastai jūrų žuvis yra labiau jautrios deguonies trūkumui, nei gėlavandenės žuvis, ir uždūsta jo kiekiui sumažėjus iki 60–70 % normalios koncentracijos. Vandenyje ištirpęs deguonies kiekis priklauso nuo temperatūros, sūrumo, ledo sluoksnio, augalų išsivystymo, organinių medžiagų skilimo procesų ir kt. Didėjant temperatūrai ir sūrumui, mažėja deguonies tirpumas vandenyje. Tokiu būdu, esant 0 °C ir 0 % sūrumui, vandenyje gali ištirpti 10,29 mg/l, o esant 30 °C – tik 5,57 mg/l deguonies (2.1 lent.).

2.1. lentelė – Deguonies kiekis skirtingo sūrumo vandenyje, esant 760 mmHg parcialiniam slėgiui

Temperatūra, °C	Gėlas vanduo	Sūrus vanduo
0	10,29	7,97
10	8,02	6,35
15	7,22	5,79
20	6,57	5,31
30	5,57	4,46

Žuvų suvartojamas deguonies kiekis priklauso nuo jų rūšies, amžiaus, judrumo, tankio telkinyje, fiziologinės būklės bei vandens temperatūros ir sūrumo. Žuvų organizme stebimas aiškiai išreikštas rūšių specifiškumas tiek mažiausio ištirpusio deguonies kiekio (kuriam esant žuvis gali gyventi) atžvilgiu, tiek ir deguonies kiekio, reikalingo kvėpavimui užtikrinti, atžvilgiu (2.2 ir 2.3 lent.).

Didėjant vandens temperatūrai, didėja medžiagų apykaitos intensyvumas ir deguonies poreikis, tai atsispindi ribinės deguonies įtampos didėjime.

Žuvų suvartojamam deguonies kiekiui įtaką daro ir vandens sūrumas. Pavyzdžiui, gėlavandenių žuvų medžiagų apykaita didėja, nežymiai padidėjus sūrumui, o jam žymiai

padidėjus, apykaita sulėtėja ir padidėja deguonies suvartojimas. Kai kurių žuvų jautrumas deguonies kiekiui padidėja tam tikrose vystymosi stadijose.

Paprastai žuvų jaunikliai yra reiklesni deguonies kiekiui, nei vyresnio amžiaus grupės žuvis. Pavyzdžiui, kuojų lervos žūstą aštuntą dieną po išriedėjimo, jeigu deguonies kiekis vandenyje yra mažesnis nei 3,45 mg/l, o 49 dienų amžiaus mailiai toleruoja jo sumažėjimą iki 1 mg/l, suaugusios žuvis – net iki 0,6 mg/l. Deguonies koncentracijai vandenyje sumažėjus žemiau tam tikrų ribų, sumažėja ir maitinimosi intensyvumas bei maisto medžiagų pasisavinimas augimo reikmėms, todėl sulėtėja žuvų augimas. Pavyzdžiui, jo kiekiui sumažėjus iki 45-50 % normalaus prisitotinimo, karpų jauniklių maitinimosi intensyvumas sumažėja beveik 2 kartus, o įsisavinimas pablogėja 40-50 %. Tai sukelia augimo greičio mažėjimą daugiau nei 2 kartus. Deguonies kiekiui sumažėjus 36 %, kanalinių šamų augimo greitis sumažėja 2,5 karto. Žuvų intensyvaus auginimo sąlygomis augimo greitis sumažėja, kai ištirpusio deguonies koncentracija sumažėja nuo 40 iki 60 % (2.4 lent.).

2.2. lentelė – 1 g žuvies kūno masės per 1 val. suvartojamo deguonies kiekis esant 18-20 °C temperatūrai

Rūšis	Deguonies koncentracija, mg/l	Rūšis	Deguonies koncentracija, mg/l
Ladogos ežero lašiša <i>Salma salar morpha sebago</i>	0,396	Sterlė	0,204
Atlantinė lašiša <i>Salma salar</i>	0,257	Vėgėlė	0,173
Paprastoji aukšlė <i>Alburnus alburnus</i>	0,282	Karosas	0,133

2.3. lentelė – Deguonies kritinės įtampos vertė, esant skirtingai vandens temperatūrai, °C.

Rūšis	Masė, g	Kritinė įtampa O ₂ , % prisitotinimo				
		5	10	15	20	25
Rusiškasis eršketas <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	8–26	24,0	29,5	37,0	45,5	54,0
Žvaigždėtasis eršketas (sevriuga) <i>Acipenser stellatus</i>	4–21	25,2	33,2	36,0	48,0	57,0
Didysis eršketas <i>Huso huso</i>	6–22	25,2	33,2	38,5	49,5	52,0
Vaivorykštinis upėtakis <i>Oncorhynchus mykiss</i>	7,5–16	20,5	26,0	32,0	27,7	4,0
Keta <i>Oncorhynchus keta</i>	5–21	21,21	24,0	30,0	28,0	42,5
Lydeka <i>Esox lutius</i>	4–7,5	–	19,4	20,5	21,5	28,0

Ešerys <i>Perca fluviatilis</i>	4–18	11,5	15,4	25,0	30,5	37,0
Karšis <i>Abramis brama</i>	6–9	–	14,6	18,6	24,0	29,5
Plakis <i>Blicca bjoerkna</i>	2–5,5	–	13,3	14,6	16,6	25,0
Kuoja <i>Rutilus rutilus</i>	2–6,5	–	8,0	8,5	12,0	20,0
Baltasis plačiakaktis <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	4–12	6,7	8,0	10,0	12,0	18,6
Baltasis amūras <i>Ctenopharyngodon idella</i>	6–12	10,7	12,0	12,0	14,0	17,3
Karpis <i>Cyprinus carpio</i>	6–35	10,7	12,0	15,3	18,6	24,0

2.4. lentelė – Žuvų jauniklių augimą ribojančio ištirpusio deguonies lygis

Žuvų šeima	Vandens temperatūra, °C	Ištirpusio deguonies diapazonas, % prisisotinimo	Pastaba
Eršketinės <i>Acipenseridae</i>	16-26	60-68	85 % taikoma, esant 20 °C
Lašišinės <i>Salmonidae</i>	9-20	50-85	
Ešerinės <i>Percidae</i>	20-26	60-65	
Karpinės <i>Cyprinidae</i>	15-25	43-53	daugiausia taikoma karpiams

Pavienių ir būrinių žuvų medžiagų apykaitos intensyvumas ir deguonies suvartojimas yra nevienodas. Esant dideliui žuvų tankiui, jų deguonies suvartojimas mažėja. Žuvų, žiemojančių duobėse (karpinės žuvis), deguonies suvartojimas gerokai sumažėja, palyginti su pavienėmis žuvimis. Rainių, perkeltų į vandens telkinį, kuriame prieš tai buvo laikomos žuvis, suvartojamo deguonies kiekis mažėja iki tokio lygio, koks būna tuomet, kai žuvis laikomos grupėse. Deguonies suvartojimas keičiasi priklausomai nuo fiziologinės žuvų būklės. Prieš nerštą kai kurių žuvų suvartojamo deguonies kiekis didėja 25–50% pradinio kiekio. Esant blogam deguonies režimui, maitinimosi intensyvumas yra mažas ir nedidėja net tada, kai yra daug pašaro.

Žuvims yra nepalankus ne tik deguonies trūkumas vandenyje, bet ir jo perteklius, be to, abiem atvejais, sulėtėja oksidacijos procesai. Greitai didėjant deguonies kiekiui, atsiranda nerimas, dusulys, deguoninė narkozė (apsvaigimas) ir žuvis žūsta dėl uždusimo.

Deguonies perteklius, palyginti su optimaliu režimu, embrionų vystymosi metu slopina kraujotakos sistemos organų funkciją, tai sukelia žuvų anemiją.

Deguonies kiekio sumažėjimas gali sukelti vasarinį ir žieminį marą. Žieminis maras paprastai yra būdingas pratakams ir mažai pratakams vandens telkiniams – ežerams, tvenkiniams, pelkėms. Juose yra daug organinių medžiagų, nes jų oksidacijai užtikrinti suvartojamas didelis kiekis deguonies, o jo patekimas iš oro neįmanomas dėl ledo sluoksnio. Žieminis maras vyksta ir kai kuriose upėse, kurios ilgą laiką lieka padengtos ledu.

Vasarinis maras dažniausiai vyksta vandens augalais apaugusiuose tvenkiniuose ir ežeruose, naktį arba masinio dumblių vystymosi juose metu (naktį itin dažnai, kai augalai intensyviai vartoja deguonį). Vandenyje ištirpintas anglies dioksidas ir sieros vandenilis neigiamai veikia žuvų gyvybinę veiklą (2.5 lent.).

2.5. lentelė – Kenksminga anglies dioksido koncentracija skirtingo amžiaus ir rūšių žuvisms

Žuvų šeima	Amžius	CO ₂ koncentracija, mg/l
Lašišinės <i>Salmonidae</i>		120-140
Eršketinės <i>Acipenseridae</i>	Suaugę gyvūnai	Apie 80
	Jaunikliai	Apie 40
Karpinės <i>Cyprinidae</i>	Suaugę gyvūnai	280-300
	Jaunikliai	200
	Lervos	160

Anglies dioksidas susidaro gyvūnams ir augalams kvėpuojant. Yrant organinėms medžiagoms, šių dujų gali būti vandens telkiniuose toliau išvardytomis formomis:

- vandenyje esančių laisvos būsenos dujų, ištirpusių vandenyje – CO₂;
- jonų HCO₃⁻;
- jonų CO₃²⁻.

Vandens telkiniuose pagrindinis CO₂ šaltinis yra bakterijų sukeliama autochtoninių ir alochtoninių organinių medžiagų oksidacija bei požeminiai ir šaltinių vandenys, atmosferos krituliai ir hidrobiontų kvėpavimas. CO₂ koncentracija mažėja dėl fitoplanktono ir aukščiausiųjų vandens augalų fotosintezės, taip pat jam virstant karbonatiniu junginiu. Jo didelis kiekis yra vandens telkinio užterštumo rodiklis. Net esant nedidelei anglies dioksido koncentracijai vandenyje, kraujas praranda gebėjimą įsisavinti deguonį ir žuvis žūsta nuo uždusimo. Todėl tokie vandens telkiniai netinkami žuvies laikymui.

Sieros vandenilis atsiranda vandens telkinyje, esant deguonies trūkumui. Sieros vandenilis gali susidaryti gėlo stovinčio vandens telkinio dugne. Kai kurios mažai judrios žuvis, tokios kaip lynai, karpiai, karosai ir kt., gali toleruoti nedidelę sieros vandenilio koncentraciją.

Svarbu pabrėžti, kad kartais kai kuriuose greitos tėkmės upių ruožuose, ypač po hidroelektrinių vandens slenksčiu, vanduo persisotina oro dujų, o tai gali sukelti žuvų dujinę emboliją.

Aktyvioji terpės reakcija (pH), turinti svarbią reikšmę žuvų gyvybei, priklauso nuo vandenyje ištirpusio deguonies bei laisvojo anglies dioksido santykio. Jis keičiasi, atsižvelgiant į paros ir sezoninę fotosintezės eigą. Gėlo vandens telkiniuose anglies dioksido perteklius sukelia vandens rūgštingumo didėjimą, o jūros vandenyje, kuriame yra didelis bikarbonatų kiekis, šių dujų perteklius „surišamas“ ir pH tampa pastovesnis.

Kiekvienai žuvų rūšiai yra būdinga tam tikra aktyvioji terpės reakcijos vertė. Keičiantis šiai vertei, sutrinka medžiagų apykaita, nes sumažėja organizmo gebėjimas įsisavinti deguonį. Žuvims optimali pH vertė paprastai yra nuo 7 iki 8.

3 SKYRIUS. VANDENS TELKINIO HIDROCHEMINIO REŽIMO PRODUKTYVUMO FORMAVIMASIS

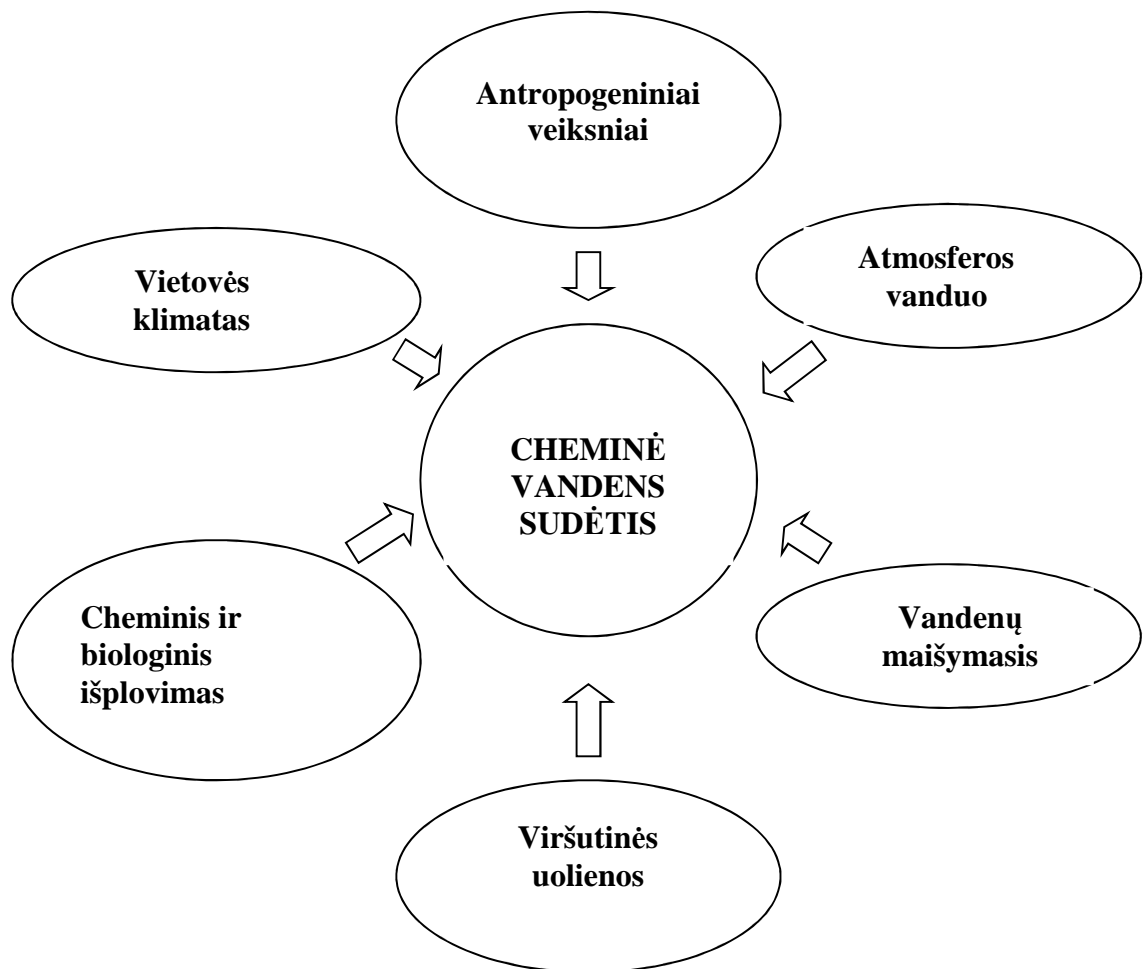
Pagrindinis tikslas – suformuoti žinias apie veiksnius, lemiančius vandens telkinio produktyvumą.

Tikslai:

1. Išstudijuoti pagrindinius veiksnius, lemiančius vandens telkinio produktyvumą.
2. Išstudijuoti edafinių veiksnių vaidmenį, nustatant vandens telkinio cheminę sudėtį.
3. Išstudijuoti klimatinių ir hidrologinių veiksnių vaidmenį, formuojant vandens telkinio produktyvumą.
4. Išstudijuoti temperatūros vaidmenį, formuojant vandens telkinio produktyvumą.
5. Išstudijuoti vandens telkinio vandeningumo ir vandens apykaitos intensyvumo vaidmenį, formuojant jo produktyvumą.
6. Hidrologinių veiksnių vaidmuo, formuojant vandens telkinio produktyvumą.
7. Išstudijuoti hidrocheminių charakteristikų erdvės ir laiko pokyčius.
8. Išstudijuoti biogeninių elementų apytakos ciklus.
9. Išstudijuoti dugno nuosėdų vaidmenį, formuojant vandens telkinio cheminę sudėtį.

3.1. poskyris. Veiksniai, lemiantys vandens telkinio produktyvumą

Vandens telkinių produktyvumo cheminį pagrindą, visų pirma, sudaro biogeniniai elementai (fosfatai, azoto rūgšties druskos, mikroelementai), ribojantys fitoplanktono vystymąsi. Deguonies ir anglies dioksido kiekis, pH dydis, organinės medžiagos sudėtis ir biocheminė būseną, atskiri druskų sudėties komponentai (HCO_3^- , Ca^{2+} , Na^+) ir yra organizmų gyvybinės veiklos pasekmė, bioprodukcinų procesų intensyvumo rezultatas. Hidrocheminį režimą vienu metu veikia abiotiniai (edafiniai), biotiniai ir antropogeniniai veiksniai (3.1 pav.).



3.1 pav. Veiksniai, formuojantys vandens telkinio hidrocheminį režimą.

Pirmieji du veiksnių tipai tarpusavyje susiję glaudžiau, o abiotiniai veiksniai aiškiau pasireiškia erdvinėje ir metų kitimo hidrodinaminių charakteristikų dinamikoje, biotiniai – sezoniniame kitime. Antropogeniniai veiksniai, paprastai, pažeidžia dinamikos dėsningumus ir kartu sukuria nepalankias sąlygas hidrobiontų gyvybinei veiklai.

Abiotinių veiksnių grupei priskiriami veiksniai, formuojantys gamtinio vandens druskų sudėtį ir lemiantys mineralizacijos dydžio erdvinio pasiskirstymo zoniškumą. Klimatiniai ir hidrologiniai veiksniai veikia hidrocheminį režimą per hidrobiontus, sumažindami arba sustiprindami bioprodukcinių procesų intensyvumą, pagreitindami arba sulėtindami oksidacijos ir redukcijos reakcijas.

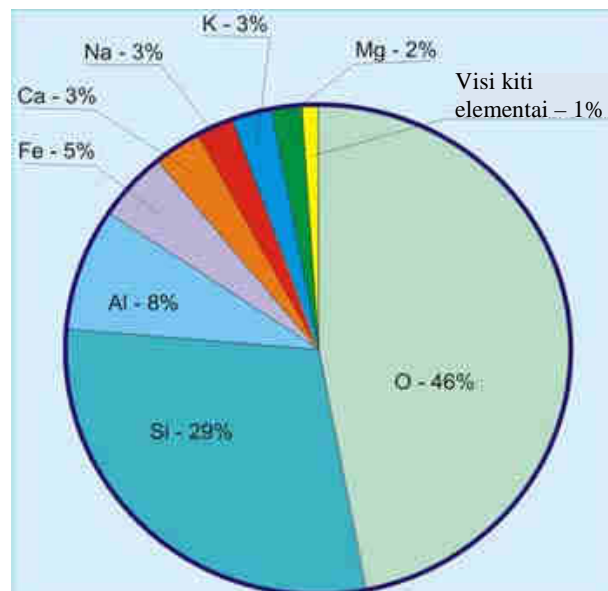
3.2. poskyris. Edafiniai veiksniai

Edafinis— (iš gr. *edaphos* – dirvožemis), susijęs su dirvožemiu, sukeltas arba sąlygotas jo poveikio (veiksny, organizmas, reiškiny).

Pagrindiniai vandenyje ištirpusių medžiagų šaltiniai – įvairios uolienos, dirvožemiai ir juose gyvenantys organizmai. Uolienų cheminėje sudėtyje vyrauja silicis ir aliuminis (3.2 pav.), kur kas mažiau yra kalcio, magnio, natrio ir kalio oksidų. Tačiau dėl mažo silicio ir aliuminio tirpumo, kalcio, magnio ir natrio koncentracija vandenyje yra didesnė. Būtent jie sudaro žemynų vandenų druskų sudėties pagrindą. Dėl ilgalaikio uolienų vandens poveikio, esant fizikinei ir cheminei erozijai, susidaro netirpūs molio mineralai ir įvairūs silicio oksidai. Taip pat vandenyje susidaro tirpiosios karbonatų ir sulfatų druskos, kurios tirpale būna joninės būsenos: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HSiO_3^- .

Iš žemės plutos uolienų išskiriami trys gamtinių vandenų mineralizacijos šaltiniai: vulkaninės kilmės uolienos, kurios chemiškai dūlėdamos suformuoja tirpiąsias druskas, tirpiųjų druskų klinčių klodai, mergelio, dolomitų, gipsų pavidalu, pasklidusios ir adsorbuotos druskos įvairiose nuosėdinėse uolienose.

Gamtinio vandens cheminės sudėties formavimasis neatsiejamas nuo dirvožemio sluoksnio sudėties ir struktūros, kurių formavimasis, veikiant klimatui, vyko per ilgą žemės plutos evoliucijos periodą. Todėl visai natūralu, kad mineralizacija yra pasiskirsčiusi zonomis, jos dydis palaipsniui didėja, einant iš šiaurės į pietus, nuo kelių miligramų 1 l iki 100 g/l ir daugiau.



3.2 pav. – Žemės plutos elementinė sudėtis.

Žemės rutulyje išskiriamos devynios facijų zonos (facija – baseino dalis, kurio vandeniui būdingos vienodos cheminės savybės), glaudžiai susijusios su geografinėmis zonomis.

Aiškiausiai pasireiškia šešios zonos:

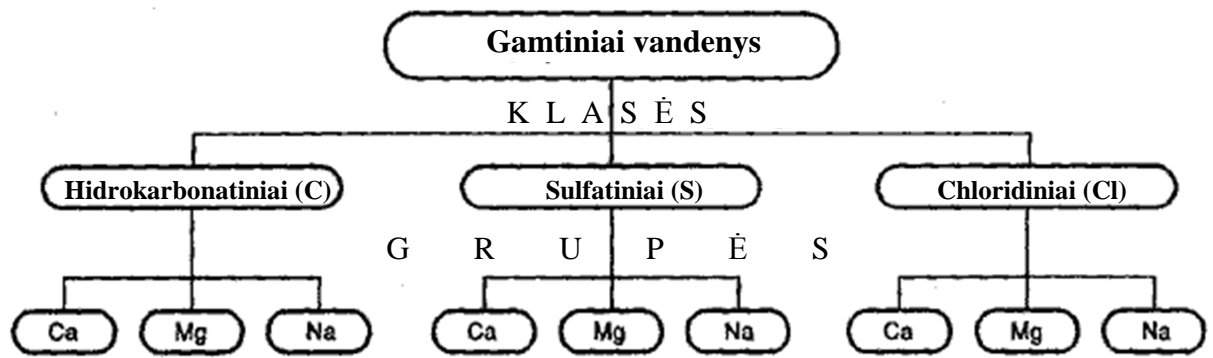
- 1 – zonos tundros vandenyje, kuriose tikėtinai vyrauja silicio dioksidų bei hidrokarbonatų ir silicio dioksidų, turinčių daug organinių medžiagų, hidrocheminės facijos;
- 2 – zonos miškuose, kuriose vyrauja hidrokarbonatų ir kalcio hidrocheminės facijos;
- 3 – zonos stepėse, kuriose vyrauja sulfatinės, natrio ir hidrokarbonatų facijos;
- 4 – zonos dykumose, kuriose vyrauja chloridų hidrocheminės facijos;
- 5 – zonos tropikuose ir subtropikuose, kuriose vyrauja silicio dioksido bei hidrokarbonatų ir silicio dioksidų hidrocheminės facijos;
- 6 – kalnų vertikali zona.

Kiekvienoje pateiktoje zonoje gali būti išskirtos sritys ir rajonai su kitokiomis hidrocheminėmis facijomis, kurių atsiradimą lemia vietinės priežastys.

Gamtiniai vandenys skirstomi į klases, grupes ir tipus pagal vyraujančius pagrindinius anijonus ir katijonus bei mineralizacijos dydį. Tundros vandenyse vyrauja silikatai ir karbonatai, miškų zonoje HCO_3^- ir Ca^{2+} , stepių – SO_4^{2-} ir Na^+ , taip pat HCO_3^- ir Na^+ , dykumų ir pusdykumų zonose – Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ .

Dūlėjimas ir išplovimas, vadinasi, ir vandenų praturtinimas mineralinėmis medžiagomis, intensyvesnis ten, kur temperatūra aukštesnė. Temperatūrai padidėjus 10°C , visų cheminių reakcijų greitis, įskaitant ir hidrolizės reakcijas, kuri yra svarbiausia dūlant, padidėja apie 2,0-2,5 kartus. Todėl dūlėjimo ir išplovimo procesai drėgnuose tropikuose vyksta 20-40 kartų greičiau, nei vidutinėse platumose. Lygumų srityse cheminės denudacijos greitis yra didesnis nei mechaninio dūlėjimo. Esant sudėtingam reljefui, būdingas atvirkštinis dėsniumas. Dažnai, stiprėjant mechaninei denudacijai, sustiprėja ir cheminė.

Upės ir upeliai į vandens telkinius atneša skirtingo tirpumo laipsnio mineralines druskas: lengvai tirpios druskos – natrio, kalio ir magnio chloridas, magnio ir kalcio sulfatas, kalcio chloridas. Dėl savo tirpumo šie junginiai vandenyje būna tik tikrųjų ir joninių tirpalų pavidalu; šarminių ir šarminių žemės metalų karbonatai (kalcio, magnio ir natrio), taip pat silicio dioksidas. Šiaurės ir tropikų lygumų upėse jų koncentracija nedidelė, bet tropikų upėse dar mažesnė. Tropikų sąlygomis karbonatai – visiškai tirpūs vandenyje, kai tirpalas yra neprisotintasis. Tačiau stepių upėse, kalcio karbonatas šiltu metų laiku yra persotinimo stadijos, todėl karbonatai sutinkami ir suspensijos pavidalu. Kalnų upių vandenyje kalcio suspensija, dėl žymaus denudacijos sustiprėjimo, beveik visiškai nusveria ištirpusį kalcį.



3.3. pav. Gamtinių vandenų klasifikacija pagal O.A. Alekiną

3.1. lentelė. Zonos ir pazonės pagal požeminio vandens mineralizacijos laipsnį

Zona	Pazonė	Mineralizacija		Lyginamasis svoris, g/cm ³
		g/kg	g/l	
A	A (0,2) – ultragėlas	iki 0,2	Iki 0,2	0,1
	A (0,5) – gėlas	0,2–0,5	0,2–0,5	1,0–1,0001
	A(1) – vidutiniškai gėlas	0,5–1,0	0,5–1,0	1,0001–1,0005
	A (3) – silpnai sūrus	1,0–3,0	1,0–3,0	1,0005–1,0015
B	B (5) – sūrokas	3,0–5,0	3,0–5,0	1,0015–1,0025
	B (10) – stipriai sūrus	5,0–10,0	5,0–10,0	1,0025–1,0055
C	C(25) – mažai druskingas	10,0–25,0	10,0–25,4	1,0055–1,0155
	C (35) – druskingas	25,0–35,0	25,4–36,0	1,0155–1,025
	C (50) – labai druskingas	35,0–50,0	36,0–52,0	1,025–1,035
D	E (75) – silpnai sūrus	50,0–75,0	52,0–80,0	1,035–1,055
	E (135) – vidutiniškai sūrus	75,0–135,0	80,0–150	1,055–1,105
	E (270) – stipriai sūrus	135,0–270,0	150,0–330,0	1,105–1,225
	E (370) – labai stipriai sūrus	270,0–370,0	330,0–500,0	1,225–1,350
	E (370) – ypač stipriai sūrus	370,0	500,0	11,350

Panašiai upėmis pernešamas ir SiO_3 , kurio kiekis svyruoja nuo 10 iki 20 mg/l. Ištirpusi silicio rūgštis pernešama tikrojo tirpalo pavidalu nepersotintoje būsenoje. Visiškai ištirpusios geležies, mangano, fosforo junginių ir tokių mikroelementų, kaip vanadis, chromas, nikelis (0,001 mg/l), kobaltas (0,0043 mg/l), varis (0,02 mg/l) būsenos yra tik labai nedideliais kiekiais. Geležies koncentracija upių vandenyje svyruoja nuo 0,001 iki 8 mg/l (paprastai 0,2–1,5

mg/l), mangano – 0,008–0,08 mg/l (paprastai 0,02 mg/l), fosforo – 0,02–0,03 mg/l. Šie elementai gali būti vandenyje ir suspensijos pavidalu, ir koloidinės formos.

Paskutinė upės tėkmės komponentų grupė – kvarcas, silikatai ir aliumosilikatai – mažiausiai tirpūs. Jie pernešami plonos suspensijos dugnu ir stambiagrūdės medžiagos pavidalu.

Upe pernešamos medžiagos palaispniui nusėda ir chemiškai koaguliuojasi, taip pat ją fiksuoja ir įsisavina hidrobiontai. Šie procesai pagreitėja kontaktinėje zonoje, žiočių ruožuose ir prie žiočių bei prie upės ir vandens telkinio susijungimo.

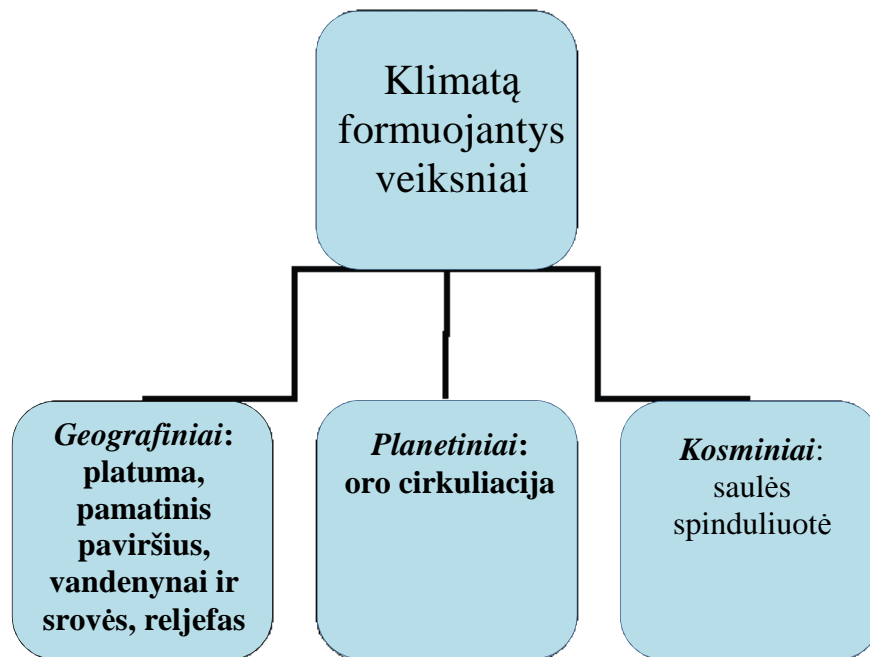
Suspensijų koaguliacija ir po to vykstantis greitas jų nusėdimas priklauso nuo pradinės medžiagų koncentracijos (kuo ji didesnė, tuo stipresnis koaguliacijos efektas), jų sudėtyje esančių organinių medžiagų (sumažėja koaguliacijos efektas), temperatūros (didėjant temperatūrai, koaguliacija greitėja), suspensijos dalelių dydžio (didėjant dalelių skersmeniui, koaguliacijos efektyvumas mažėja), maišymosi (lengvas maišymasis sustiprina koaguliacijos veikimą, stiprus – sumažina). Lengvai tirpios druskos ir karbonatai maišymosi zonoje nenusėda ir yra visiškai išnešami už žiočių srities. Šias medžiagas maišymosi zonoje intensyviai naudoja fitoplanktonas ir kiti hidrobiontai, o jiems žuvus, jos patenka ant dugno suspensijos pavidalu.

3.3. poskyris. Klimato ir hidrologiniai veiksniai

Žemės paviršiuje klimatas yra labai įvairus ir priklauso nuo dviejų pagrindinių veiksnių – geografinės platumos ir žemynų padėties. Platuma glaudžiai susijusi su oro temperatūra, kuri kyla nuo poliaus pusiaujo link. Nuo žemynų išsidėstymo priklauso klimato drėgmė. Didelės žemynų vidaus zonos paprastai sausesnės nei periferinės. Tai regioninis klimatas arba mikroklimatas.

Didelėse zonose išsiskiria mezoklimatas (lokalus), susidarantis daugiausiai veikiant vietovės reljefui. Ne mažiau svarbus yra ir organizmų arealo mikroklimatas. Dideliuose ežeruose ir rezervuaruose tokių mikroklimatų gali būti keletas. Iš esmės, tai ekologinis klimatas (ekoklimatas), susidarantis žemutiniame oro sluoksnyje.

Prie pagrindinių klimato veiksnių, turinčių ekologinę reikšmę, priskiriami: temperatūra, drėgmė (vandeningumas), šviesa ir vėjas. Pirmieji trys veiksniai glaudžiai susiję tarpusavyje ir veikia kartu, sukeldami periodiškus (kas parą, kas vienerius metus, kas antrus metus) hidrobiontų gyvybiškumo pokyčius. Šį periodiškumą, paprastai, suardo vėjo režimas. Savo ruožtu, bioproductinių procesų intensyvumas, kuriam daro įtaką šie veiksniai, sukelia visų hidrocheminių rodiklių pokyčius.



3.4. pav. Klimatą formuojantys veiksniai

Nagrinėjant vandens telkinių bioproduktyvumo formavimosi sąlygas, ypač įdomus veiksnių periodinis (banginis) svyravimas. Skirtingo pobūdžio procesų, vykstančių atmosferoje, litosferoje, hidrosferoje ir biosferoje, tarpusavio ryšys leidžia panaudoti atrastus dėsniumus. Siekiant prognozuoti skirtingų ūkio šakų, tarp jų ir žuvininkystės, vystymąsi, galima nustatyti pokyčių tendencijas.

Periodinis svyravimas, abiotinių (klimato) ir biotinių veiksnių pokyčių ritmingumas kas antrus metus, jau seniai naudojamas, sudarant žuvies pramonės prognozę. Ši prognozė dažniausiai sudaroma remiantis duomenų analize tik pagal du veiksnius, pavyzdžiui, pagal temperatūros stebėjimų rezultatus ir skirtingų žuvų rūšių populiacijų skaitlingumą. Šiuo atveju, manoma, kad temperatūra yra pagrindinis (integralusis) rodiklis, lemiantis skirtingos trukmės bangų atsiradimą ir išnykimą, formuojant daugiametės dinamikos bioprodukcinį procesų specifinį ritmingumą.

Ritmingumas būdingas įvairių kosminių, geofizikinių ir biologinių reiškinių kitimui amžiaus tarpsnyje ir per amžiaus laikotarpį. Yra žinoma ne mažiau kaip penkiolika amžiaus tarpsnio ritmų, kurių trukmė nuo 2-3 iki 30-40 metų, tarp amžių — ne mažiau kaip šeši ritmai nuo 70 iki 100 metų. Išskiriami antriniai ritmai, darantys vietinį poveikį, ir pagrindiniai (išoriniai arba žemyniniai), nulėmę bendrąjį vystymosi pobūdį. Pirmoji grupė – tai poveikio ritmų kategorija arba aplinkos ritmai, antroji – kosminių ritmų kategorija.

Labiausiai paplitę ir svarbiausią vaidmenį gamtoje turi kosminiai ritmai, kurių trukmė 3, 5 arba 22-23 metai (vieno amžiaus tarpsnyje) ir 80-100 metų (amžiai). Pastarieji gerokai

sumažina aplinkos ritmų svyravimus ir keičia vertės ribos (maksimumo ir minimumo) laiką, kuris, paprastai, pasireiškia kas 2-3, 14-15, 50 ir 80 metų. Šie ritmai dažnai sukelia kosminių ritmų bendrojo pobūdžio sutrikimus.

Vienalaikis skirtingos kilmės ir trukmės ritmų poveikis pasireiškia tuo, kad ritmingumas įgyja asimetriją ir kai kuriais atvejais įgyja sprogstamojo tipo procesų pobūdį – trumpoji pakilimo kreivė ir ilgoji nusileidimo kreivė. Būtent šis kitimo tipas labiausiai pasireiškia daugiametėje gamtos procesų dinamikoje.

Dabar jau žinoma daug pavyzdžių, kai skirtingų vandens telkinių pramoninių žuvų sugavimo (kartų derlingumo) svyravimas yra priklausomas nuo klimato veiksnių (visų pirma, temperatūros). Glaudžiausi organizmo santykiai su abiotine aplinka pasireiškia ankstyvoje vystymosi stadijoje. Todėl abiotinių sąlygų pasikeitimas, kai viršijamos prisitaikymo santykių ribos, dažnai sukelia staigų rūšies populiacijos sumažėjimą arba visišką jos išnykimą. Ilgalaikis žuvų populiacijos skaičiaus svyravimas priklauso nuo daugiamečių klimato pokyčių. Kasmetinis jų skaičiaus svyravimas (kuris vyksta vandens telkinio bendrojo bioproduktyvumo padidėjimo arba sumažėjimo pagrindu) tik išreiškia pašaro sąlygų pasikeitimą. Be to, organizmų biologinės savybės, kurios keičiasi priklausomai nuo apsirūpinimo maistu, yra mažiau pastovios, nei ryšiai su abiotiniais arba biotiniais veiksniais, sukurtais per daug metų trukusią evoliuciją. Pavyzdžiui, pašarų bazės išnaudojimas, esant labai dideliame auginamų žuvų laikymo tankiui, arba natūralaus pašaro trūkumas dėl nepalankių hidrologinių sąlygų (nepalankaus hidrologinio režimo) – tai laikino neigiamo poveikio veiksniai. Jie gali būti pašalinti natūraliu būdu arba įsikišus žmogui.

Panaudojant ritmingumo dėsningumus ir matematinės statistikos metodus su daugybe didelių ir mažų Šiaurės Vakarų Europos ežerų, nustatyta, kad šiltais ir sausringais metais, vyraujant ramiems orams, pirminės organinės medžiagos formavimosi procesas fotosintezės būdu yra intensyvesnis. Būtent tais metais susidaro skaitlingos daugelio žuvų rūšių kartos, o po 2-4 metų, kai sąlygos dauginimuisi ir jauniklių augimui pablogėja, ateina gausaus žuvų sugavimo laikas. Nustatytas penkių metų pramoninių žuvų sugavimo svyravimo ritmingumas, tiesioginė jų sugavimo priklausomybė nuo vandens įšilimo laipsnio, ramių dienų skaičiaus, žiemų atšiaurumo ir kitų priklausomybių.

Įvertinus tai, kad ypač palankios sąlygos žuvų reprodukcijai pastebimos šiltais ir vandeningais metais (arba metais, kai vandens lygis ežeruose aukštesnis už vidutinę vertę), galima išskirti 3 padidėjusio derlingumo periodus. Jų trukmė – 6 metai, o ritmų trukmė tarp proceso maksimalių reikšmių – 13-16 metų. Po 5 metų, pasibaigus šių trijų periodų veikimui, pastebimas gausėnis žuvų sugavimas.

Panašūs dėsningumai būdingi ir nedideliems vandens telkiniams, ypač žuvininkystės tvenkiniams. Tačiau, šiuo atveju, reikia atsižvelgti į tokius antropogeninius veiksnius kaip

intensyvavimo priemonės. Daugiamečiai tyrimai rodo žuvų produktyvumo kiekybinį vertinimą ir žuvų produkcijos tokiuose vandens telkiniuose išeišos prognozavimo tinkamumą.

Vertinant klimato veiksnių įtaką galutinei žuvų produkcijos trofinės grandinės grandžiai, galima dar kartą pabrėžti visų procesų ryšį. Daugiametės dinamikos ritmingumas būdingas visiems vandens telkinio režimo rodikliams, įskaitant ir hidrocheminius. Vandeningais ir vėsiais metais į vandens telkinį patenka ir jame kaupiasi didelis kiekis biogeninių elementų, o daugiausia – alochtoninės kilmės organinės medžiagos. Kartu padidėja vandens apykaitos intensyvumas, atitinkamai ir mineralinių bei organinių medžiagų pašalinimas iš vandens telkinio. Tokiais metais dusimo atvejų nepasitaiko, nes dujų režimas yra palankus visų hidrobiontų vystymuisi. Šiltais metais biogeninių elementų ir alochtoninių organinių medžiagų patenka mažiau, o padidėjusi vandens temperatūra suaktyvina visus gyvybinius procesus. Dažnai pastebima vertikali stratiškacija – paviršiniuose sluoksniuose vanduo persisotinęs deguonimi, nėra laisvojo anglies dioksido, o priedugnio sluoksniuose kyla žuvų dusimas dėl deguonies trūkumo, padidėjusios anglies dioksido ir amoniako, o kartais ir sieros vandenilio, koncentracijos.

3.4. poskyris. Vandens temperatūros veiksniai, formuojantys hidrocheminį režimą

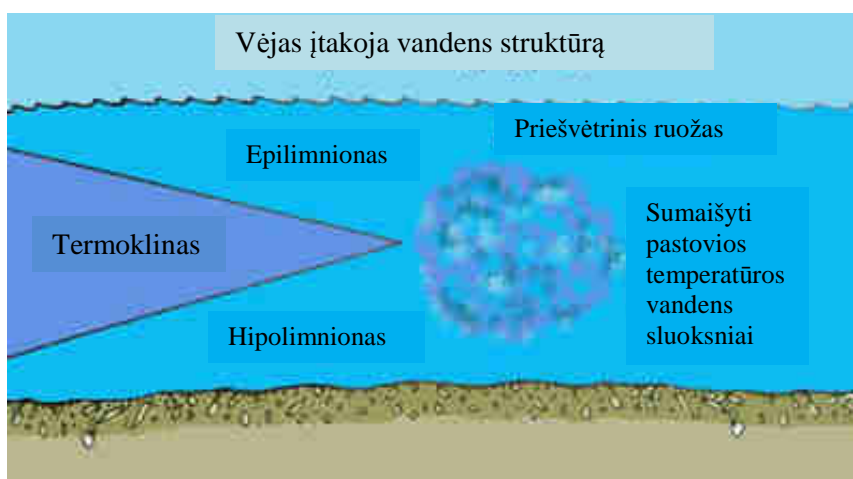
Vandens temperatūros reikšmė, formuojant hidrocheminį režimą, pirmiausia, svarbi yra tuo, kad jai didėjant arba mažėjant, aktyvinami arba sulėtinami biocheminiai procesai tiek pačiuose organizmuose, tiek ir netiesiogiai vandens telkinyje. Antra, ji keičia fizikinius procesus – vandeniui vėstant kyla konvekciniis maišymasis, o intensyviai šylant paviršiniams vandens sluoksniams, susidaro termoklinas. Staigus temperatūros pokytis per trumpą laiko tarpą gali sukelti vandens persotinimą deguonimi. Dėl išgaravimo, didėjančio kylant temperatūrai, didėja mineralizacija. Ledo susidarymas ir jo tirpimas taip pat daro poveikį vandens cheminei sudėčiai, sukeldant trumpalaikį bendrosios jonų sumos padidėjimą arba sumažėjimą.

Vis dėlto, didžiausi visos hidrocheminės charakteristikos pokyčiai vyksta dėl temperatūros, keičiantis fitoplanktono ir bakterijų gyvybinių procesų aktyvumui. Šie pokyčiai ypač dideli, vertinant juos pagal sezonus. Pavasarį, kai nutirpsta ledas, prasideda palaipsnis vandens įšilimas. Tuo metu greitai padidėja šalto vandens diatominių dumblių (*Melosira*) skaičius, kurie naudoja per žiemą susikaupusius arba polaidžio vandens atneštus biogeninius elementus ir išskiria didelį kiekį deguonies. Oksidaciniai procesai pavasarį dar nėra intensyvūs, todėl paviršiniuose sluoksniuose, o dažnai ir per visą vandens storumę (išskyrus ruožus, kur įteka upeliai ir upės, atnešantys į vandens telkinį vandenį, praturtintą spalvotu vandens humusu), susidaro deguonies perteklius. Vandens persotinimas deguonimi gali siekti 150 % ir daugiau,

Pirmajai grupei priskiriamos upės ir upeliai, antrajai ir trečiajai – tvenkiniai ir kompleksinės paskirties vandens telkiniai, kai kurie ežerai, ketvirtajai pirmiausiai priskiriami dideli Šiaurės Vakarų Europos ežerai.

Sąlyginis vandens apykaitos koeficientas (A) – tai įtekančio (arba ištekančio) (V_{it}) vandens tūrio santykis su pačio vandens telkinio tūriu $V_{v.telk.}$, esant vidutiniam vandens lygiui. $V_{v.telk.}$ ir V_{it} santykis reiškia vandens apykaitos lygį (D). Kuo didesnis D , tuo lėčiau pasikeičia (atsinaujina) vandens masės ir tuo intensyviau vyksta autochtoninės organinės medžiagos susidarymo ir kaupimosi procesai. Patikimas biocheminių procesų intensyvumo vertinimo kriterijus yra skirtumas tarp maksimalaus ir minimalaus vandenyje ištirpusio deguonies kiekio per konkretų stebėjimo laiką (parą, mėnesį, metus). Nustatyta, kad didėjant D , didėja biocheminių procesų intensyvumas, taip pat didėja pirminės produkcijos vaidmuo, formuojant vandens telkinio bioproduktyvumą. Svarbu ir tai, kad sulėtėjęs vandens apykaitos metais yra pastebimà planktoninių organizmų gausa ir pagerėjęs mailiaus maitinimasis, didesnis augimo tempas. Kitais metais išauga to vandens telkinio masinis žuvų sugavimas (paprastai, tai įprastos smulkios gėlavandenės žuvis: maži ešeriai, kuojos, pūgžliai ir kitos mažos žuvis). Panašūs dėsningumai nustatyti ir kompleksinės paskirties žemės ūkio tvenkiniams.

Vandens apykaitos intensyvumo sumažėjimas pastebimas šiltaisiais metais, esant karštai vasarai, kai vandens pritekėjimas iš baseino ir nutekėjimas iš vandens telkinio – beveik nepastebimi. Tokiomis sąlygomis paspartėja medžiagų apykaita, naujos biogeninių elementų dalys atsilaisvina iš vandens ir grunto, organinės medžiagos ir fitoplanktonas bei makrofitai naudoja jas naujiems (autochtoniniams) organiniams junginiams gaminti. Tam palankias sąlygas sudaro ir ramesnė vandens masės hidrodinaminė būsena bei termoklinas.

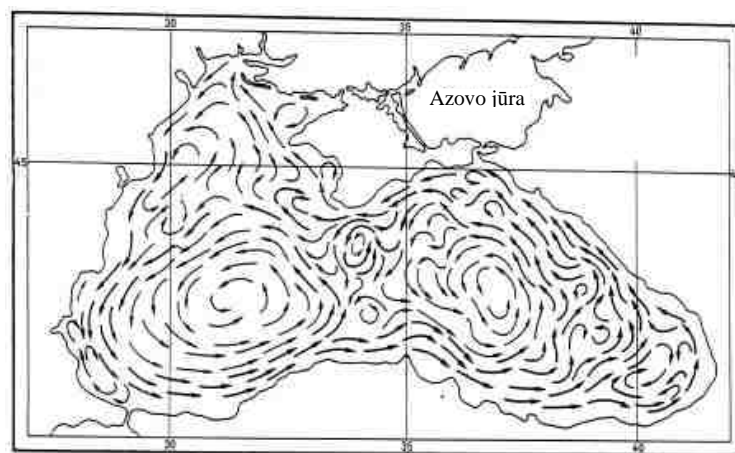


3.5. pav. Termoklino susidarymas

Deguonies, biogeninių elementų, CO_2 kiekis, taip pat pH ir oksidacijos dydis stipriai skiriasi vertikalojoje (pagal gylį) ir horizontaliojoje (pagal akvatoriją) plokštumoje. Vasaros

Ežeruose, rezervuaruose ir tvenkiniuose vyrauja vėjo srovės. Paviršiniame sluoksnyje, kai vidutinis vandens telkinio gylis yra 3-4 m, srovių kryptis beveik tiksliai atitinka vyraujančių vėjų kryptį. Gilesniuose sluoksniuose, 2-3 m gylyje, esant stipriai stratifikacijai, galima kompensacinė srovė, pagal kryptį priešinga paviršiaus srovei.

Dideliuose ežeruose ir tvenkiniuose tam tikrą reikšmę turi ir nutekamosios srovės, būdingos pavasarinio poplūdžio metu, intakų, upių ir upelių, įtekėjimo vietose. Šiuo periodu formuojasi termoklinas ir šilumos juosta (horizontalioji stratifikacija intakų įtekėjimo vietose). Pakrantės juostoje ir netoli salų pagrindinė srovės kryptis staigiai pasikeičia, atsiranda keli priešingos krypties srautai – cikloninių ir anticikloninių cirkuliacijų sistema (3.7 ir 3.8 pav.).



3.7. pav. Cikloninės srovės Juodojoje jūroje



3.8. pav. Anticikloninių srovių Juodojoje jūroje pasekmė – iškyšulių ir juostų susidarymas.

Cirkuliacijos sistemos egzistuoja bet kokio tipo vandens telkiniuose, įskaitant ir žuvininkystės tvenkinius. Kuo sudėtingesnis dugno reljefas ir kranto linijos forma, tuo ši sistema sudėtingesnė, susidaro daug cirkuliacinių srautų vandens telkinio akvatorijoje.

Cikloninė ir anticikloninė cirkuliacija (kuri, keičiantis pagrindinio srauto (šerdies) srovei, susidaro veikiamą dugno reljefo) dėl salų, įlankų, užutėkių ir kt., yra papildomas ir dažnai vienintelis veiksnys, užtikrinantis vertikalų susimaišymą ir paviršinių vandens sluoksnių praturtinimą biogeniniais elementais. Cikloninės cirkuliacijos centrinėje srityje vyksta nuolatinis vandens kilimas iš žemiau esančių sluoksnių. Kartu išsaugoma tankio stratifikacija ir vandenys iš gilesnių sluoksnių nepasiekia paviršiaus, bet tarsi išsisklaido į šalis termoklino zonoje. Nuolatinis biogeninių elementų tiekimas kartu su giliųjų sluoksnių vandenimi yra beveik netiesioginis, prisideda prie intensyvaus fitoplanktono vystymosi virš maksimalaus vertikaliojo tankio gradientų sluoksnio. Šioje vietoje pastebimas reikšmingas vandens persotinimas deguonimi (iki 50-60 %), aukšta pH vertė, minimali laisvojo anglies dioksido ir biogeninių elementų koncentracija. Centrinėje cikloninės ir anticikloninės cirkuliacijos srityje maksimalių vertikalųjų tankio gradientų sluoksnis paprastai yra saugomas dėl paviršinių vandenų nusileidimo. Nuo periferijos link centro paviršiniuose sluoksniuose vyksta vandens tiekimas iš šalia esančių rajonų. Kartu su šiuo vandeniu atnešama nemažai alochtoninės organinės medžiagos, kurios oksidacijai sunaudojama daugiau deguonies. Todėl dažnai paviršiniuose sluoksniuose deguonies kiekis būna mažesnis nei 100 %. Beveik visada nustatomas anglies dioksido, fosfatų ir nitritų perteklius.

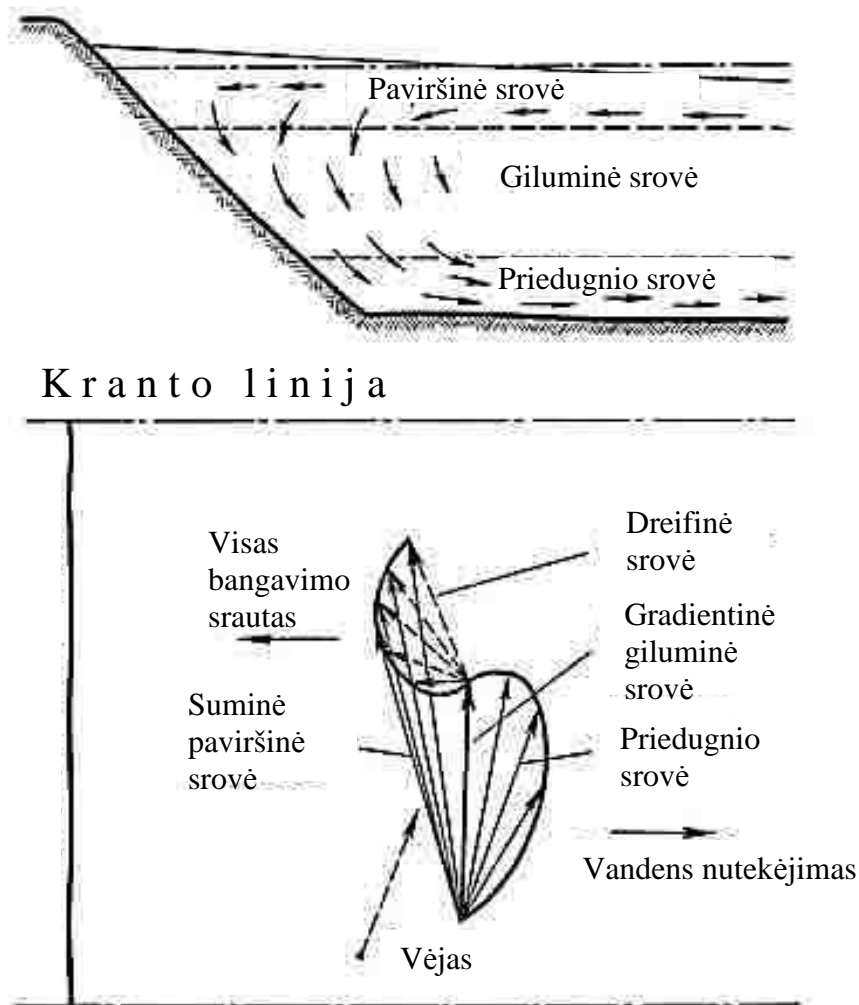
Apskritai, centrinėje cikloninės cirkuliacijos srityje organinės medžiagos susidarymo procesai vyrauja lyginant su mineralizacijos procesais, o centrinėje anticikloninės cirkuliacijos srityje fotosintezės procesai yra ne tokie intensyvūs.

3.7. poskyris. Hidrocheminės charakteristikos erdvės ir laiko pokyčių veiksniai

Bet kokio tipo narvų ir baseinų vandens telkiniuose (įskaitant ir nedidelio ploto žuvininkystės tvenkinius), hidrocheminės charakteristikos pasiskirstymas erdvėje yra nevienodas. Daugiau ar mažiau vienodas pasiskirstymas būna tik žiemą po ledu arba intensyvaus vėjo maišymo metu. Hidrobiontų gyvybinės veiklos ir organinės medžiagos biocheminės oksidacijos poveikio suformuotos hidrocheminės savybės persiskirsto, maišantis vandens masėms. Kiekviename vandens telkinyje nevienodą bioprodukcinių ir biocheminių procesų hidrocheminių rodiklių horizontalų pasiskirstymą nulemia dvi priežastys: intakų įtaka ir skirtingų krypčių cirkuliacijos kvazistacionarios sistemos (3.9. pav.). Nuolatinio žuvų šėrimo natūraliais ir dirbtiniais pašarais vietose susidaro lokalias zonos, kurios pagal hidrocheminius rodiklius skiriasi nuo likusios vandens telkinio akvatorijos. Paprastai, šiose zonose vandens prisotinimo deguonimi dydis net paviršiniame sluoksnyje neviršija 100 %. Čia pastebimas

biogeninių elementų, anglies dioksido dujų, permanganatinės ir bichromatinės oksidacijos koncentracijos padidėjimas.

Vandens telkinių žiočių ir prieš žiotis esančiose dalyse (rajonuose), kurių plotas kinta pagal sezoną ir pasiekia maksimalias reikšmes, poplūdžių bei liūčių metu, dėl intensyvios alochtoninės kilmės organinių medžiagų oksidacijos, stebimas toks vaizdas: pagrindinį vaidmenį, formuojant hidrochemines savybes, atlieka oksidacijos procesai. Natūralu, kad abiem atvejais (šėrimo vietose ir vandens telkinių žiočių srityse) fitoplanktono ir makrofitų gyvybingumas taip pat daro įtaką hidrocheminių rodiklių reikšmėms, tačiau jų įtaka yra mažesnė, lyginant su oksidacijos procesais.



3.9. pav. Pakrantės cirkuliacija pietiniame pusrutulyje

Toliau nuo kranto ir už intakų tiesioginio poveikio zonų, pagrindinis vaidmuo, perskirstant hidrocheminę charakteristiką, tenka cikloninei ir anticikloninei cirkuliacijai. Cikloninio pobūdžio judėjimo paviršiniai vandenys (iki kompensacinio taško gylio) yra produktyvesni, jiems būdingas didesnis deguonies kiekis, didesnė pH ir oksidacijos reikšmė bei nedidelė anglies dioksido ir biogeninių elementų koncentracija. Anticikloninio vandens judėjimo

paviršiniuose vandenyse yra mažiau deguonies, o anglies dioksido ir biogeninių elementų daugiau. Be to, tose vietose, kuriose paviršiniai vandenys persotinti deguonimi, priedugnio vietose matuojamas deguonies deficitas. Esant deguonies trūkumui paviršiniuose vandens sluoksniuose (anticikloninė cirkuliacija), priedugnio sluoksniuose prisotinimo dydis gali būti didesnis nei 100 %.

Priklausomai nuo metų laiko vyraujančių vėjų, srovių kryptis neišlieka pastovi, atitinkamai keičiasi ir skirtingų krypčių horizontaliosios cirkuliacijos zonų išsidėstymas bei hidrocheminės charakteristikos pasiskirstymas. Pavyzdžiui, pavasarį didesnėje Peipaus ežero akvatorijos dalyje paviršiniai vandenys persotinti deguonimi ir turi didesnes pH vertes. Tokiu pačiu metu Pskovo ežere persotinimas būdingas tik atskiriems nedideliems ruožams. Vasarą pastebimas aukšto deguonies aprūpinimo (daugiau nei 160 %) vandens zonos išsiplėtimas Pskovo ežere ir nedidelis susitraukimas Peipaus ežere. Rudenį vyksta deguonies kiekio sumažėjimas visoje Peipaus-Pskovo ežero akvatorijoje ir tik Lemio ežero prietrytinės Peipaus dalies ir šiaurinės Pskovo ežero dalies vandenys yra persotinti deguonimi 10–20 %. Hidrocheminių savybių, vertikalios temperatūros gradiento ir srovių analizė leido išskirti Peipaus ir Pskovo ežeruose keletą hidrocheminių rajonų.

Apskritai, pereinant iš pavasario į vasarą, formuojant bioproduktyvumą, oksidacijos procesų vaidmuo darosi svarbesnis. Rudenį organinių medžiagų ir mineralinių darinių irimas vyksta lėčiau, o deguonies kiekis yra artimas normalaus prisotinimo dydžiui. Atskirais metais, šiltaisiais rudens mėnesiais, pirminės organinės medžiagos susidarymo procesas yra vyraujantis, lyginant su jos mineralizacijos procesu, todėl tai palankiai veikia deguonies režimą žiemos metu. Intensyviausiai biocheminės oksidacijos procesas vyksta vakarinėje Pskovo ežero dalyje, o Peipaus ežere – netoli upių žiočių. Didelis deguonies kiekis organinei medžiagai oksiduoti sunaudojamas ir ištekėjimo iš Narvos ežero rajone ir Lemio ežere. Pavasarį didžiausias vandens persotinimas deguonimi pastebimas šalčiausiame vandenyje.

Bendras hidrocheminės charakteristikos sezoninio kitimo dėsningumas mūsų šalies europinės teritorijos vandens telkiniuose yra toks: didžiausia mineralizacija yra žiemą ir vasarą, mažiausia – pavasarį, potvynių metu, ir rudenį – lietinguoju laikotarpiu. Panašiai, išskyrus atskiras išimtis, keičiasi biogeninių elementų, visų pirma, fosforo ir amonio azoto kiekis. Vandens prisotinimo deguonimi dydis, kaip ir pH reikšmės, priešingai, pasiekia didžiausią reikšmę pavasarį ir ypač vasarą. Permanganatinė ir bichromatinė oksidacijos, kurios apibūdina organinės medžiagos kiekį ir genezę, daugeliu atvejų pavasarį ir vasarą didesnės, nei žiemą. Dažnai maksimalus organinės medžiagos kiekis pastebimas vasaros pabaigoje–rudens pradžioje.

Nagrinėjant hidrocheminio režimo rodiklių sezoninio kitimo pobūdį, labai svarbu turėti konkretaus laikotarpio duomenis apie vandens temperatūrą ir vertikaliojo terminio gradiento

reikšmę. Tik bendra hidrologinių ir hidrocheminių charakteristikų sezoninės dinamikos analizė padės išaiškinti nukrypimų nuo bendrojo dėsningumo priežastis. Tvenkiniams ir drėkinimo vandens telkiniams nustatyti žemiau pateikti sezoniniai hidrologinių ir hidrocheminių charakteristikų pokyčiai. Didžiausias vandens skaidrumas stebimas pavasarį, kai į vandens telkinį patenka daug spalvotų organinių junginių (vandens humuso), o masinis organizmų vystymasis (išskyrus diatominių dumblių vystymąsi, kurių sankaupos daro nestiprią įtaką skaidrumo dydžiui) dar neprasidėjęs. Vasarą, artėjant rudenii, skaidrumas paprastai sumažėja, tačiau kai kuriais rudens mėnesiais jis gali būti didesnis, nei vasarą. Tokie skaidrumo pokyčiai susiję su palaipsniniu autochtoninės organinės medžiagos kaupimu vandenyje ir grunte, kuri yra suspensijos pavidalo dėl periodiškai kylančio vėjo ir konvekcinių vandens sluoksnių maišymosi. Tai ypač būdinga žuvininkystės tvenkiniams, kuriuose taikomos visos intensyvinimo priemonės.

Daugeliui vandens telkinių (per visą laikotarpį, kai jie nėra užšalę) būdinga vertikali terminė stratifikacija, kuri labiausiai pasireiškia pavasario ir vasaros metu. Tada pastebimas maksimalus vandens persotinimas deguonimi, reiškiantis intensyvią fotosintezę. Šiuo laikotarpiu dažnai padidėja pH ir oksidacijos reikšmės. Tačiau tokia šių reikšmių charakteristika būna ir kitais mėnesiais, pavyzdžiui, rugpjūtį, rugsėjį. Antras vandens prisotinimo deguonimi maksimumas stebimas rudenį (rugsėjį), tačiau jo dydis yra mažesnis, lyginant su pavasario ir vasaros laikotarpiu. Laisvojo anglies dioksido koncentracija vidutiniškai visai vandens stovymei padidėja vasaros ir rudens metų laiku.

Intensyvios fotosintezės periodo metu biogeninių elementų skaičius sumažėja: fosfatų iki analitinio nulio; amonio azoto iki 0,01 mg/l. Visiškas biogenų nebuvimas yra labai retas reiškinys, net aktyviosios fotosintezės zonoje. Tačiau prie kompensacinio taško ribos, termoklino sluoksnyje ir kompensaciniame sluoksnyje, jų kiekis gali būti labai didelis. Apskritai, fosfatų ir amonio azoto kiekis rudenį didesnis, nei pavasarį ir vasarą.

Didžiausios hidrokarbonatinių jonų koncentracijos būdingos pavasario ir rudens laikotarpiui, mažiausios – vasaros laikotarpiui. Vasarą, kai paviršiniuose vandens sluoksniuose nėra laisvojo anglies dioksido, fitoplanktonas fotosintezės proceso metu greičiausiai naudoja hidrokarbonatą.

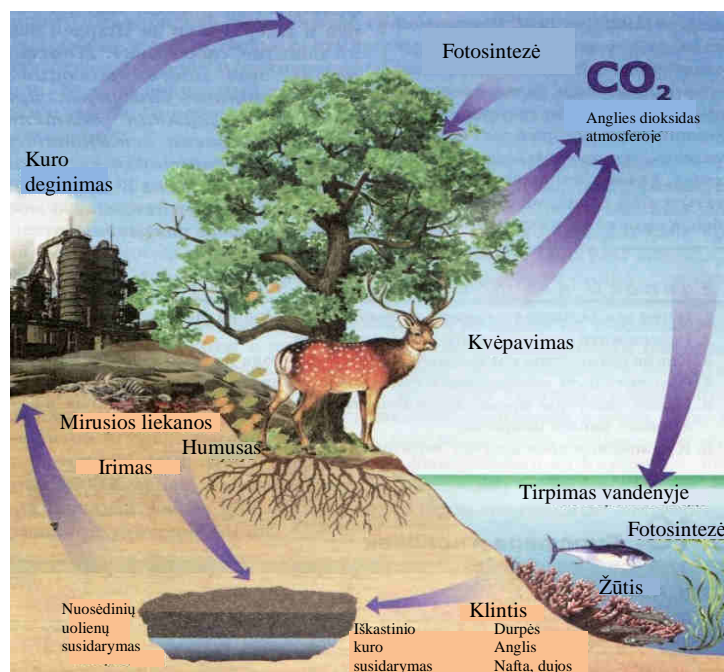
Jeigu vandens pH didesnis nei 7,0, tai hidrokarbonatų jonai tampa papildomu vandens augalų anglies mitybos šaltiniu. $2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Sezoninis organinės medžiagos kiekio kitimas, pagal permanganatinės oksidacijos duomenis, charakterizuojamas dviem maksimumais – žiemos ir pavasario – laikotarpiais, kai į vandens telkinį patenka didelis kiekis spalvotų organinių junginių, kurie biochemiškai yra stabilūs, bei vasaros ir rudens laikotarpiais, dėl iki to laiko susikaupusių planktoninės kilmės organinių medžiagų.

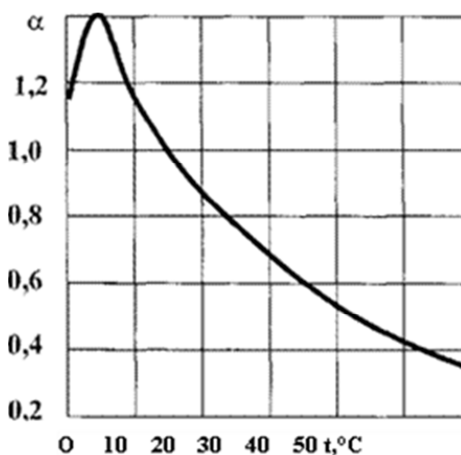
Pavasari, formuojantis vertikaliai stratifikacijai, esant santykinai žemai vandens temperatūrai, dėl fotosintezės vyksta organinės medžiagos augimas. Šiuo metų laiku fitoplanktonas naudoja biogeninius elementus, susikaupusius vandens telkinyje žiemos pabaigoje ir biogeninius elementus, išneštus su upių nuotėkiu. Vasarą fitoplanktono gyvybinė veikla vyksta esant aukštai vandens temperatūrai ir aiškiai išreikštam tankio šuolio sluoksniui. Šiuo atveju, fotosintezės zonos papildymas biogeniniais elementais vyksta dėl jų regeneracijos patenkant iš grunto bei su kaupiamojo sluoksnio vandenimis, veikiant vėjo maišymui, cikloniniams ir anticikloniniams sūkuriams.

3.8. poskyris. Biogeninių medžiagų apytakos ciklo veiksniai

Anglis. Didelę reikšmę normaliai žuvų gyvybinei veiklai turi ne tik deguonies, bet ir anglies dioksido kiekis vandenyje. 3.10. pav. pavaizduotas anglies apytakos ciklas gamtoje. Anglies dioksidas, esantis atmosferoje, daug lengviau tirpsta vandenyje nei deguonis. Reaguojant su vandeniu, susidaro anglies rūgštis, kuri gerai tirpsta vandenyje. Vanduo gali sugerti didelius anglies dioksido kiekius: esant 15 °C temperatūrai 1 l vandens gali ištirpti daugiau nei 1 l CO₂. Kaip dujų tirpumo skystyje kriterijus, dažnai naudojamas absorbcijos koeficientas **a**, lygus ištirpusių dujų V_t tūrio, pateikto normaliomis sąlygomis, santykis su tirpalo tūriu V_{tirp.}: **a = V_i/V_{tirp.}** Šio koeficiento reikšmė priklauso nuo temperatūros (3.11. pav.). CO₂ kiekis atmosferoje vidutiniškai sudaro 0,33 %, o vandenyje apie 4 %.

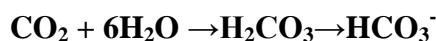


3.10. pav. Anglies apytakos ciklas gamtoje.



3.11. pav. CO₂ absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo temperatūros.

Susilietęs su vandeniu, CO₂ beveik ištirpsta ir įvyksta hidrolizė.

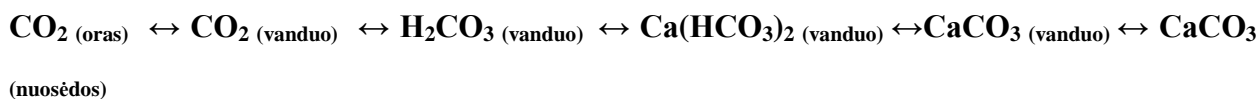


Anglies dioksido forma priklauso nuo vandens pH (3.12. pav.). Kai pH < 4 (rūgšti terpė), vandenyje jis yra kaip CO₂, kai pH 7-10 (neutrali ir silpnai šarminė) – daugiausiai kaip karbonatas HCO₃⁻, o kai pH > 10, kaip dikarbonato jonas CO₃²⁻.

Tačiau cheminėje reakcijoje su vandeniu reaguoja tik dalis CO₂. Vandenyje anglies dioksidas būna tiek laisvos (laisvasis anglies dioksidas), tiek ir surištos būsenos: hidrokarbonatų druskų – bikarbonatų, Ca(HCO₃)₂ ir vidutinių druskų – karbonatų, CaCO₃ pavidalu.



Visos formos yra paslankios cheminei pusiausvyrai



Anglies dioksidas pirmiausia susidaro dėl biocheminių procesų (organinių medžiagų irimo, vandens gyvūnų ir augalų gyvybinės veiklos ir kt.), vykšančių vandens telkinyje, taip pat patenka į vandenį iš gamtinių junginių (kalcio bikarbonatas lengvai suyra, o jam yrant, išsiskiria anglies dioksidas ir susidaro kalcio karbonatas).

Svarbi vandens telkinyje vykstanti reakcija, dėl kurios sumažėja CO₂ koncentracija, yra fitoplanktono ir aukštesniųjų vandens augalų fotosintezė. Iš tiesų, CO₂ yra svarbiausias augalų fotosintezės komponentas, kuriai vykstant iš neorganinės medžiagos gaunama organinė.



Šioje formulėje matyti, kad iš vandens ir anglies dioksido yra sudaromi angliavandeniai ir kitos organinės medžiagos.

Vandens telkinių bioproduktyvumas tam tikru mastu nustatomas anglies dioksido dalimi, nes dumblių anglies mityba yra jų egzistavimo pagrindas ir nusako jų galimybę intensyviai vystytis iki žydėjimo. Pavyzdžiui, chlorelės fotosintezės intensyvumas išauga proporcingai anglies dioksido koncentracijai (iki 0,1 %), kai 0,1-0,9 % lieka pastovi, o esant 14-15 % CO₂ sumažėja.

Didelė anglies dioksido koncentracija yra nuodinga hidrobiontams, todėl vandens telkiniai, persotinti anglies dioksidu, yra be gyvybės ir tik kelios moliuskų ir ūsakojų rūšys gali juose gyventi.

Anglies dioksidas yra labai reikšmingas žuvų gyvenime. Šios dujos padeda palaikyti judėjimo aktyvumą, palengvina oksihemoglobino disociaciją, taip užtikrindamos optimalaus deguonies kiekio audiniuose palaikymą. Tačiau anglies dioksido koncentracijos padidėjimas sukelia žuvų gyvybinės veiklos slopinimą, sumažėja kvėpavimo ir organizmo fiziologinių procesų intensyvumas. Leistina laisvojo anglies dioksido koncentracija žuvininkystės tvenkiniuose vandenyje yra 10-40 mg/l.

Būtina prisiminti, kad žuvims svarbu ne absoliutus deguonies ir anglies dioksido (anglies dioksido dujų ir anglies rūgšties kartu sudėjus) kiekis, o jų santykis. Pavyzdžiui, karpiumi pražūtingas deguonies ir anglies dioksido santykis artimas 0,02:1.

Dideli deguonies kiekio paros svyravimai arba ilgalaikis jo kiekio sumažėjimas vandenyje, susikaupus net nedideliame laisvojo anglies dioksido kiekiui, nors ir nesukelia žuvų žūties, bet stipriai sulėtina jų augimą. Skirtingų žuvų rūšių atsparumas CO₂ koncentracijos padidėjimui nevienodas. Upėtakis yra jautresnis, nei karpis, karosas ar lynas.

Kenksmingi CO₂ lygiai 1 l yra: upėtakiams 120–140 mg, plačiakakčiui – 200 mg (jaunikliams), 300 mg (suaugusiai žuviai), karpiumi – 200 mg, lynui – daugiau nei 400 mg.

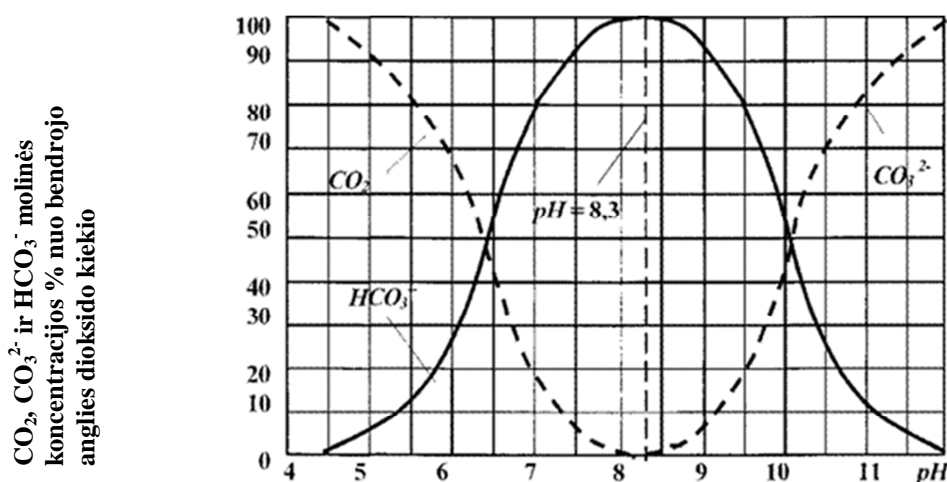
3.2 lentelė. - Optimali anglies dioksido koncentracija.

Procesai, priklausantys nuo CO ₂ kiekio vandenyje	Maksimalus CO ₂ kiekis vandenyje	Rekomenduojama koncentracijos riba	Optimali koncentracija
<ul style="list-style-type: none"> • augalų vystymasis • nitrifikacija • aplinkos pH • nitritų ir nitratų pusiausvyra • žuvų kvėpavimas 	karpiai: 200 mg/l upėtakiai: > 50 mg/l	karpiai: <=25-30 mg/l upėtakiai <= 15-20 mg/l	5-15 mg/l

Didėjant CO_2 koncentracijai, karpis suėda mažiau pašaro, todėl sumažėja jo maistinių medžiagų įsisavinimas. Esant deguonies ir anglies dioksido santykiui nuo 0,3 iki 0,4, karpiai iš pašaro įsisavina 41 % azoto, o esant santykiui nuo 0,2 iki 0,1 – tik 11 %. Esant aukštam anglies dioksido kiekiui vandenyje, sumažėja kraujo gebėjimas įsisavinti deguonį.

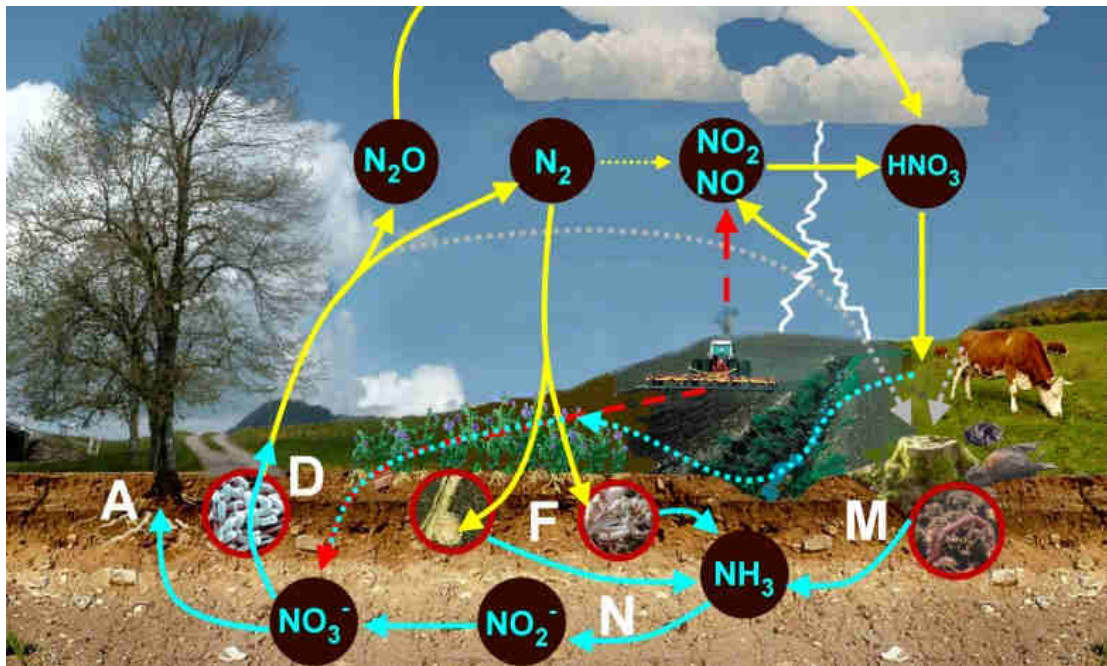
Ypač svarbu stebėti laisvojo anglies dioksido kiekį žiemojimo tvenkiniuose, kai žuvis yra susitelkusios būriais ir dažnai pastebimas deguonies trūkumas. Žinomi atvejai, kai laisvojo anglies dioksido kiekis žiemojimo tvenkinių vandenyje siekdavo 128 mg/l.

Laisvojo anglies dioksido perteklius kenkia žuvų mitybai, todėl sumažėja jų imitimas ir atsparumas nepalankioms aplinkos sąlygoms ir užkrečiamų ligų sukėlėjams. Vadinasi, laisvojo anglies dioksido kiekio kontrolė ir jo kenksmingo poveikio pašalinimas yra svarbi priemonė optimalioms zoohigieninėms sąlygoms žuvininkystės tvenkiniuose sukurti. Taip pat anglies dioksido koncentracija daro poveikį vandens pH rodikliui. Kuo didesnis pH (neutralus arba silpnai šarminis), tuo daugiau anglies dioksido dujų surišama hidrokarbonatų kalkių formoje (kalcio hidrokarbonato) ir tuo mažiau laisvojo anglies dioksido vandenyje. Anglies dioksidas, priešingai (kaip jau aišku iš pavadinimo), mažina pH į rūgštingumo pusę. Optimalus pH rodiklis žuvis ir augalams – nuo 6 iki 8,5. Rūgštingumo rodiklis, esantis už šių ribų, yra pavojingas hidrobiontams.



3.12. pav. Skirtingų anglies dioksido formų priklausomybė nuo pH ir temperatūros.

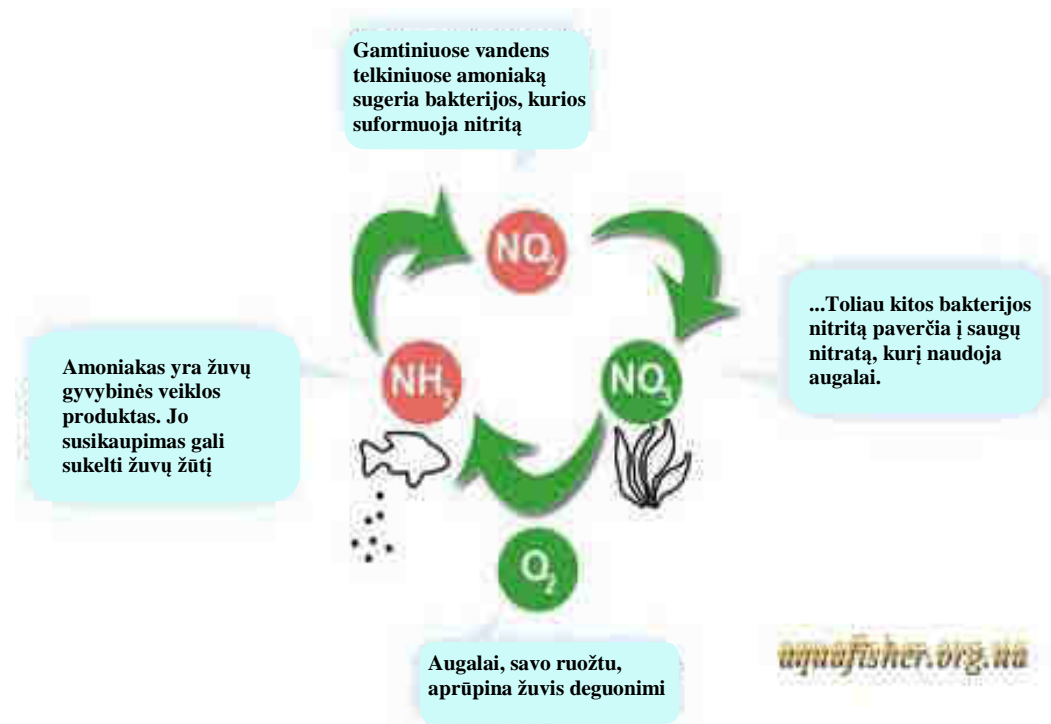
Azoto apytakos ciklas (3.13. pav.). Natūraliuose žuvininkystės vandens telkiniuose azotas būna atskirų junginių forma: albumininio azoto, amoniakinio azoto (amonio), azoto rūgšties druskų pavidalu (nitrato), azoto rūgšties (nitrito), amonio ir amoniako jonų, organinio azoto ir kitų junginių pavidalu (3.15. pav.).



3.13. pav. Azoto apytakos ciklas gamtoje

Pagal bendrojo azoto kiekį galima nustatyti vandens kokybę ir prognozuoti jos pokyčius priklausomai nuo kitų rodiklių derinio (temperatūros, pH, druskų ir dujų kiekio), nuo kurių priklauso vienos formos azoto junginių perėjimas į kitą formą.

Azotas – vienas iš būtinų biogeninių elementų. Jo junginius ir, pirmiausiai, nitritus, nitratus ir amonį arba amonio azotą augalai naudoja ląstelių statybai. Po augalų ir gyvūnų žūties, irstant organinėms medžiagoms, azotas sugrįžta į vandens telkinį.



3.14. pav. Azoto apytakos ciklas vandenyje.

Žuvis ir kiti vandens gyvūnai išskiria amoniaką kaip galutinį baltymų metabolizmo produktą, o žuvę – zooplanktonas ir fitoplanktonas – atiduoda azotą albumininio azoto oksido forma. Po augalų ir gyvūnų žūties, vykstant organinių medžiagų irimo procesui, albumininio azoto oksidas virsta amoniaku, o paskui nitritais ir nitratais (3.14 pav.).

Optimalus azoto junginių kiekis žuvininkystės tvenkinių vandenyje neturi viršyti 2 mg/l, ir, pageidautina, kad šis kiekis būtų daugiausia nitrato formos, t. y. tokios formos, kurią lengvai įsisavina augalai.

Didelis albumininio azoto oksido ir amonio azoto, nitrito ir nitrato rūgščių druskų, kitų azoto junginių kiekis tvenkinių vandenyje parodo reikšmingą biogeninės kilmės organinių medžiagų patekimą. Esant tokiai padėčiai ir tam tikriems kitų aplinkos rodiklių, apie kuriuos buvo kalbėta aukščiau, deriniams, gali įvykti bendrės sanitarinės ir zoohigieninės vandens telkinio būklės pablogėjimas.

Didžiausią sanitarinę higieninę ir toksigeninę reikšmę žuvininkystės tvenkiniams turi tokie azotų junginiai kaip amonio ir amoniako jonai.

Amonio ir amoniako jonai dažnai būna žuvininkystės tvenkinių vandenyje, ypač, kai įnešama azoto trąšų amonio salietros pavidalu, taip pat atliekant dugno ir užpelkėjusių ruožų dezinvaziją amoniakiniu vandeniu. Be to, jie atsiranda gruntiniuose vandenyse dėl

mikroorganizmų gyvybinės veiklos. Nedideli amoniako kiekiai sutinkami paviršiniuose vandenyse (paprastai vegetacijos laikotarpiu), pūvant baltyminėms medžiagoms.

Amoniako ir amonio druskų buvimas žuvininkystės tvenkiniuose parodo jų taršą pūvančiomis gyvūninės kilmės organinėmis medžiagomis, kurių sudėtyje yra azoto. Taip pat nurodo buitinių arba pramoninių nuotekų, kuriose yra dideli amoniako arba amonio druskų (gamybos atliekų) kiekiai, patekimą į vandens telkinį. Daugelyje pelkėtų vandenų amonio druskos neretai yra nitratų druskų redukcijos reakcijų produktas, nesant kokiam nors organinės taršos išoriniam šaltiniui.

Pirmuoju atveju amoniakas vadinamas albumininiu amoniaku, antruoju – druskos amoniaku. Netiesioginis organinės kilmės amoniako įrodymas – vienu metu vandenyje esantys nitritai, chloridai ir didelė oksidacija.

Amonio NH_4^+ jonai santykinai nekenksmingi žuvims. Visų rūšių tvenkinių žuvims (ypatingai lašišinėms) ir kitiems hidrobiontams ypač nuodingas nejonizuotas (dujinis) amoniakas.

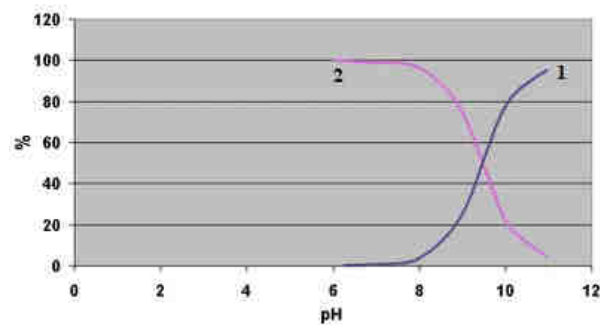
Pagal pramonės šakos standartą laisvojo amoniako kiekis žuvininkystės tvenkinių vandenyje neturi viršyti 0,1 mg/l. Pagal technologines normas, amoniakas žuvininkystės tvenkinių vandenyje neturi viršyti 0,01-0,07 mg/l. Trumpalaikė leistina (1-2 paros) ir laikinai leistina (3-5 paros) amoniako koncentracija žuvininkystės tvenkinių vandenyje gali būti atitinkamai 1,0-1,5 ir 0,1-0,2 mg/l.

Specifinis amoniako toksiškumas žuvims yra nepakankamai ištirtas, tačiau, manoma, kad jis sumažina hemoglobino gebėjimą surišti deguonį. Remiantis N. S. Stroganovo (1962) pranešimu, amoniakas, patekdamas į kraują, sukelia veikimą, kuris priešingas anglies dioksido veikimui. Jis šarmina vandenį ir kraują. Kvėpavimo ritmas sumažėja. Todėl kartais gaunamas paradoksalus vaizdas. Žuvis kenčia dėl deguonies trūkumo, o kvėpavimo ritmo padidinti negali, kuris ir taip lėtas, lyginant su norma. Todėl žuvis žūsta esant lėtam kvėpavimo ritmui.

Laisvojo amoniako (NH_3) ir amonio jonų (NH_4) koncentracijos santykis priklauso nuo vandenilio jonų (pH) koncentracijos ir vandens temperatūros (3.3. lentelė ir 3.16. paveikslėlis).

3.3. lentelė. Amoniako koncentracija žuvininkystės tvenkinių vandenyje priklausomai nuo pH.

Temperatūra °C	NH ₃ kiekis (%), esant pH vertei							
	6,0	7,0	7,5	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8
25	0,05	0,53	1,70	5,1	7,8	11,9	17,6	25,3
15	0,03	0,26	0,80	2,5	3,9	6,1	9,2	14,0
5	0,01	0,12	0,37	1,2	1,8	2,9	4,5	6,9



3.15. pav. Amoniakio (1) ir amonio jonų (2) santykis vandenyje priklausomai nuo pH.

Lentelėje ir paveikslėlyje matyti, kad vandenyje didžiausia laisvojo amoniako koncentracija gali būti esant aukštai temperatūrai ir šarminei aplinkai. Vadinasi, šiomis sąlygomis gerokai padidėja žuvų apsinuodijimo amoniaku pavojus, taip pat gerokai sumažėja jų bendras atsparumas užkrečiamų ligų sukėlėjams ir nepalankioms aplinkos sąlygoms.

Nitritai (azoto rūgščių druskos) – tarpiniai biocheminės amoniako oksidacijos produktai, taip pat azoto turinčių organinių medžiagų puvimo produktai. Nitritai vandenyje atsiranda dėl azoto rūgščių druskų (nitrato) redukcijos. Žuvininkystės tvenkinių vandenyje esantys nitritai parodo vandens telkinio taršą fekalijų nuotekomis, taip pat didelio organinių medžiagų kiekio buvimą ir intensyvų jų puvimo procesą.

Organinės kilmės nitritų patvirtinimas yra padidėjusi chloridų, sulfatų ir kitų organinių medžiagų irimo produktų koncentracija. Sanitarijos požiūriu, puikios kokybės geriamajame vandenyje nitritų neturi būti arba galimi leistini jų pėdsakai (0,001-0,002 mg/l). Žuvininkystės tvenkinių vandenyje nitritai – nepageidautini. Vasariniuose karpinių žuvų tvenkiniuose jų kiekis leistinas nuo šimtųjų iki dešimtųjų mg/l dalių, o žiemojimo tvenkiniuose – tūkstantosios dalys. Didelis nitritų kiekis vandenyje susilpnina žuvų atsparumą ir net sukelia jų žūtį.

Nitratai (azoto rūgščių druskos) aptinkami beveik visuose vandenyse, tačiau paviršiniuose ir šaltinių vandenyse jų kiekis, paprastai, nežymus.

Didelis nitrato kiekis kartais parodo vandens telkinio taršą praeityje, tačiau daugeliu atvejų parodo azoto turinčių organinių medžiagų visišką mineralizaciją. Tokią nitrato kilmę paprastai patvirtina laisvojo amoniako (NH_3) ir azoto anhidrido (N_2O_3) nebuvimas vandenyje; azoto anhidrido (N_2O_3) buvimas parodo, kad mineralizacijos procesas tęsiasi.

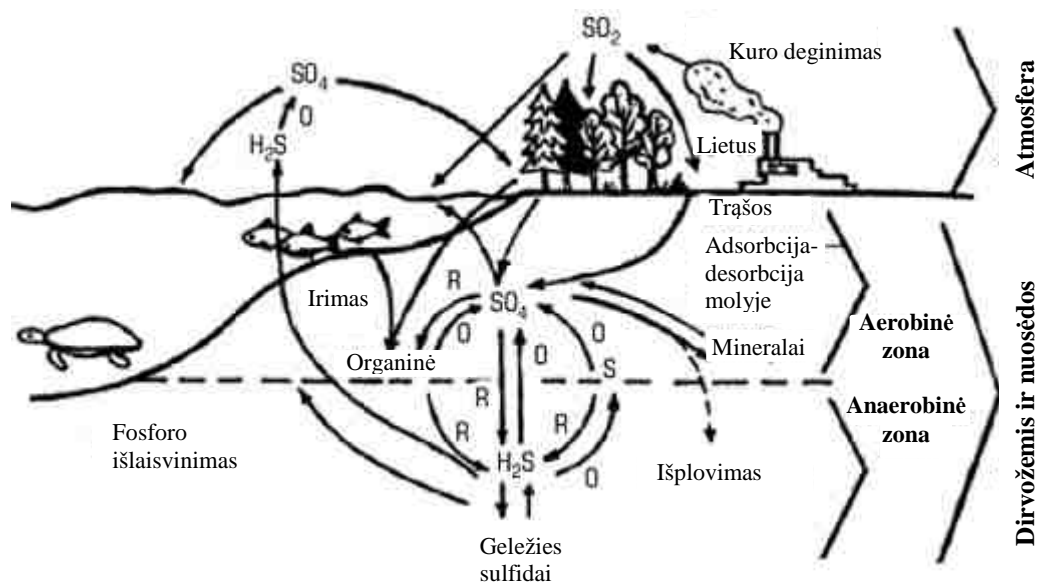
Didelis nitrato kiekis vandenyje kai kuriais atvejais gali būti nulemtas pramoninių nuotekų, kurių sudėtyje yra dideli kiekiai azoto rūgšties druskų.

Kartais vandenyje padidėja nitratų kiekis dėl atmosferinio azoto oksidacijos ir jo oksidų susidarymo intensyvių atmosferinių kritulių laikotarpiu. Esant tokiai nitratų kilmei, paprastai amoniako ir nitritų nebūna, nesikaupia chloridai bei sulfatai.

Zoohigieniniu požiūriu, žuvininkystės vandens telkiniams reikšmingi yra tik organinės kilmės nitratai ir tie, kurie patenka su pramonės įmonių nuotekomis.

Nitratų kiekis neturi viršyti 1-2 mg/l. Jų kiekio padidėjimas, ypač organinės kilmės, neigiamai veikia žuvų būseną – sumažėja organizmo atsparumas.

Sieros apytakos ciklas (3.16. pav.). Sulfatų kilmė žuvininkystės tvenkiniuose ir gruntiniame vandenyje skirtinga: jie gali būti mineralinės kilmės (dėl sieros junginių išplovimo ir skirtingų uolienuų dūlėjimo) ir organinės (dėl biocheminių procesų vandeninguose sluoksniuose ir įvairių gyvūnų liekanų – žuvų ir kitų hidrobiontų kūnų – patekimo į vandens telkinį, bei dėl nuotekų su aplinkos neorganiniais junginiais). Sulfatai randami šarminių žemės metalų ir šarminių metalų druskų forma (Na_2SO_4 , MgSO_4 ir kt.).



3.16. paveikslėlis. Sieros apytakos ciklas

Zoohigieninę reikšmę turi organinės kilmės sulfatai. Tai parodo vandens telkinio taršą medžiagomis, kurios padeda susidaryti sieros vandeniliui ir kurios sunaudoja oksidavimuisi didelį deguonies kiekį.

Apie organinę sulfatų kilmę parodo staigus jų kiekio pokytis žuvininkystės tvenkinių vandenyje. Sulfatai būna sieros anhidrido (SO_3) arba jono (SO_4^-) pavidalu. Leistina sulfatų koncentracijos riba – apie 20-30 mg SO_4^- . Jų, ypač organinės kilmės sulfatų, koncentracijos padidėjimas virš leistinų dydžių gali būti pavojingas: pablogėja zoohigieninės sąlygos vandens telkinyje, sumažėja žuvų atsparumas tiek nepalankioms aplinkos sąlygoms, tiek ir įvairių ligų

sukėlėjams. Tokiu atveju reikia nustatyti vandens telkinio taršos šaltinį ir imtis priemonių jam pašalinti.

Geležies apytakos ciklas. Geležis vandenyje būna dviejų formų: divalentė ir trivalentė. Divalentės geležies junginiai yra tirpūs vandenyje, tačiau jie nėra stabilūs ir, esant deguoniui, greitai oksiduojasi. Trivalentė geležis mažai tirpi ir nusėda ant dugno bei įvairių paviršių (kai kuriais atvejais ir ant žuvų žiaunų). Geležies junginiai kaupiasi gruntuose, ypač, jeigu vandeniui tiekti naudojamas geležimi prisotintas artezinis vanduo. Daugelyje šalies regionų dirvožemiai prisotinti geležies junginiais. Anaerobinėmis sąlygomis geležis redukuojasi, o susidarę divalentės geležies junginiai ištirpsta vandenyje. Divalentė geležis pavojinga žuvų mailiui, nes jai esant vandenyje, ant žuvų žiaunų išsivysto geležies bakterijos. Dėl arteziniame vandenyje esančios geležies, kartais jo neleidžiama naudoti žuvininkystei.

Upėtakiams auginti keliami dar griežtesni reikalavimai: geležies neturi būti daugiau nei 0,5 mg/l. Ruošiant jūros vandenį, geležies turi būti ne daugiau nei 0,1 mg/l. Žuvininkystei ypač kenksminga divalentė geležis, kuri sąveikaudama su vandenyje ištirpusiu deguonimi, greitai virsta trivalente, pradedančia lėtai koaguliuoti ir kristi nuosėdomis, užkemšančiomis žuvims (ypač mailiui) žiaunas ir apsunkindamos dujų mainų procesus. Be geležies, gamtiniame vandenyje kartais randamas manganas. Apskritai, jo elgsena panaši į geležies, t. y. taip pat iškrenta nuosėdomis neutralioje terpėje po sąveikos su vandenyje ištirpusiu deguonimi. Tačiau reikalavimai mangano koncentracijai yra griežtesni nei geležies, žuvininkystės vandenyje turi būti ne daugiau nei 0,3 mg/l.

Kiti metalai, tokie kaip varis, chromas, nikelis ir pan. neleistini, nes šie metalai gali kauptis žuvų organizmo audiniuose ir ji jau nebus tinkama valgyti. Šie metalai retai randami gamtiniame vandenyje, o jeigu jų yra, tai būna nulemta antropogeninės vandens taršos.

Fosforo apytakos ciklas. Fosfatai – fosforo rūgšties druskos. Fosforo junginiai – svarbiausi biogeniniai elementai. Priklausomai nuo pH, fosforo junginiai vandenyje gali būti HPO_4^{2-} arba PO_4^{3-} pavidalu. Paprastai, jo koncentracija, lyginant su azoto, nedidelė.

Fosfatų kiekis vandenyje siekia keletą dešimtųjų miligramo dalių litre. Dažnai būtent fosfatai riboja fitoplanktono vystymąsi. Esant fosforo trūkumui, sulėtėja augalų augimas. Tačiau jo perteklius parodo vandens telkinių taršą. Labai dažnai žuvininkystės tvenkiniai kenčia dėl fosforo trūkumo ir jiems reikalingos fosforo trąšos. Tačiau padidėjęs fosfatų kiekis gali reikšti vandens telkinio taršą.

Padidėjęs fosfatų kiekis (daugiau nei $0,5 \text{ g/m}^3$) – vandens telkinių organinės taršos požymis. Fosfatai ne tokie toksiški, žuvininkystės tvenkiniuose fosfatų norma – nuo 0,2 iki 0,5 mg/l, leistina riba – 2 mg/l.

Svarbus elementas, nusakantis žuvininkystės tvenkinių zoohigieninį vaizdą, yra tiek mineralinės (gipso, magnio chlorido, druskingų žemapelkių ir pan. išplovimas), tiek ir organinės (gyvūnų liekanos, šlapimas, nuotekos ir pan.) kilmės chloridai. Priklausomai nuo kilmės, jie apibūdina arba mineralinę vandens sudėtį, arba jo taršą įvairiomis organinėmis atliekomis. Organinės kilmės chloridai lemia deguonies sumažėjimą vandenyje, o tai neigiamai veikia žuvų gyvenimą.

Išorinės aplinkos optimalių zoohigieninių sąlygų sukūrimas ir palaikymas tvenkiniuose priklauso nuo vandenyje esančių tam tikro dujų ir skirtingų druskų kiekio optimalaus santykio. Šio santykio pasislinkimas neigiamai veikia žuvų gyvybinę veiklą, o tai sumažina jų atsparumą išorinės aplinkos veiksnių poveikiui ir ligų sukėlėjams. Todėl, žuvų ligų profilaktikos tikslais, reikia kontroliuoti vandens dujų ir druskų režimus, siekiant laiku juos keisti reikiama kryptimi.

3.9. poskyris. Dugno nuosėdų specifika ir jų susidarymo veiksniai

Vandens telkiniuose autochtoninės ir alochtoninės medžiagos nuolat nusėda į dugną. Tokių nuosėdų kaupimosi intensyvumas ant vandens telkinio duburio dugno (ir vėliau vykstanti nusėdusios medžiagos modifikacija) priklauso nuo konkretaus vandens telkinio geografinės padėties bei režimo (morfologinių ir hidrologinių ypatumų).

Autochtonines medžiagas sudaro: kranto irimo (abrazijos) produktai; medžiagos, nusėdančios tirpale; augmenijos ir gyvūnų organizmų, gyvenančių vandens telkinyje, likučiai. Alochtoninės medžiagos šaltiniai yra: nuotėkos iš baseino; dulkes ir lengvas organines liekanas atnešantis vėjas; žmogaus ūkinė veikla.

Dalelės, patekusios į vandens telkinį iš išorės arba susidariusios pačiame vandens telkinyje (pastarasis atvejis ypač būdingas žuvininkystės tvenkiniams, ežerams ir rezervuarams, kurie yra keičiami, siekiant žuvininkystės interesų), yra veikiamos sudėtingų dinaminių, terminių, cheminių ir biologinių procesų. Net dalelės nusėdus ant dugno, šių procesų poveikis išlieka pakankamai ilgą laiko tarpą. Todėl dugno nuosėdų sudėtis ir savybės labai skiriasi nuo pradinių vandens stovymės dalelių savybių arba dalelių, patekusių iš baseino.

Kietųjų dalelių nusėdimo greitis priklauso nuo jų matmenų. Nejudančiame gėlame vandenyje dalelės, kurių skersmuo 10 mm, 1 m plote nusėda per 1,05 s; 1 mm – per 11,8 s; 0,1 mm – 2 min. 23 s; 0,01 mm apytiksliai per 2 val.; 0,001 mm – apie 2 paras; 0,0001 mm – apie 700 parų. Jeigu maišymasis stiprus ir veikia ilgą laiką, jam vykstant, nusėdimo procesas gali pagreitėti arba sulėtėti.

Dugno nuosėdos pagal dalelių dydį skirstomos į: molį – skersmuo mažesnis nei 0,001 mm; dumblą – 0,001-0,01; dulkes – 0,01-0,1; smėlį – 0,1-1; žvyrą ir žvirgždą 1-10; gargždą ir

skaldą – 10-100; riedulius – 100-1000; luitus – daugiau nei 1000 mm. Paprastai, kuo toliau nuo kranto, tuo dalelės tampa mažesnės. Smėlio ir gargždo sąnašos nugula prie atviro kranto bangavimo zonoje. Einant nuo seklumos gilyn, gargždą keičia gargždo ir smėlio, žvyro ir smėlio, smėlio ir 2-3 m gylyje – dumblo ir smėlio nuosėdos. Giliausiose vietose nusėda dumblas – smulkiausia organinės ir mineralinės sudėties nuosėdų frakcija. Dumblas gali kauptis ir tam tikruose sekliuose ruožuose, kuriuos nuo bangų poveikio saugo kranto išsikišimai, vandens augmenija, salos. Esant palankioms sąlygoms dumblėjimui, bėgant laikui, susikaupia didelė dugno nuosėdų storumė, beveik visiškai užpildanti pradinį duburį. Dugno reljefas išsilygina, augmenija nuo krantų išplinta ir telkinio centrinės dalies link.

Didžiausias mineralinių dalelių kiekis į vandens telkinį patenka per potvynius vandeningaisiais metais, taip pat esant dideliame vandens lygio kitimui, kuris prisideda prie intensyvesnio krantų apdorojimo. Didžiausias pilkai žalios spalvos dumblo sluoksnis susidaro vasaros įkarštyje ir rudenį, kai nunyksta pagrindinė augalų ir gyvūnų masė, bei pavasarį dėl padidėjusio mineralinių dalelių nuotėkio. Žiemą susidaro plonas juodojo dumblo sluoksnis. Vasarą, kai trūksta deguonies priedugnio vandens sluoksniuose, dumblas gali būti juodos spalvos dėl jame esančio didelio sulfidinių junginių kiekio.

Bentoso organizmai rasia ir smulkina dumblas, modifikuoja ir sutankina juos, o nunykdami papildo dumblo sluoksnį. Bakterijos sukelia cheminius virsmus (tiksliau – biocheminius): puvinimo bakterijos skaido baltymus; geležies bakterijos padeda formuoti geležies rūdai ir kt.

Dėl mikroorganizmų poveikio, dumblose vyksta organinės medžiagos puvinimas išsiskiriant dujoms, kylančioms į vandens telkinio paviršių. Pagrindinę susidarančio dujų mišinio dalį sudaro metanas (75-95 %), vandenilis (5-15 %) ir anglies dioksidas (iki 3 %). Intensyviausiai dujos išsiskiria esant aukštai dumblo temperatūrai – vasaros pabaigoje ir rudenį. Dujų išsiskyrimas ypač būdingas sekliems, daug maisto medžiagų turintiems (produktyviems) telkiniams, kuriuose ant dugno patenka daug organinių medžiagų, savo sudėtyje turinčių didelį kiekį įsisavinamo azoto.

Pagal sudėtį ir struktūrą išskiriamos dvi pagrindinės organinių nuosėdų grupės: sapropelio ir durpiniai, arba humuso dumblai.

Sapropelis – puvesių dumblas, kuriame yra daug augalinės ir gyvūninės kilmės organinių medžiagų, bei tam tikras kiekis mineralinių dalelių. Veikiant bakterijoms, kai yra deguonies trūkumas, nuosėdos laipsniškai virsta į drebučių pavidalą ir, iš pažiūros, riebią masę. Pagrindinė sudedamoji dalis – tai detritas, amorfinė organinė masė, praturtinta riebaliniais, baltyminiais ir vaško pavidalo kūnais. Detritas, sudarytas daugiausiai iš nuykusių žemesniųjų augalų ir gyvūnų, vadinamas tankiu, o sudarytas iš nuykusių aukštesniųjų augalų – grubiu. Pirmuoju

atveju, sapropelis yra geltonas, alyvinis arba rudai alyvinės spalvos, antruoju – rudų ir tamsių spalvų. Sapropelis paprastai susidaro negiliuose eutrofiniuose vandens telkiniuose. Sapropelio sluoksnis gali siekti 30 m. Jis yra naudojamas kaip trąša.

Durpinis arba huminis dumblas susidaro miškų zonos distrofiniuose vandens telkiniuose, lygumose, pelkėtose vietovėse, kur vandens sudėtyje nedaug mineralinių medžiagų, tačiau daug biochemiškai stabilių organinių junginių (pH mažiau 7,0). Didelis huminių medžiagų kiekis nepalankiai veikia daugelį hidrobiontų, tarp jų ir žuvis. Reikia naudoti kalkes ir mineralines trąšas.

Durpinis dumblas sudarytas iš liūno ir pakrančių augmenijos, samanų, lapų, šakų ir medžių kamienų liekanų. Dumblų struktūra grubi, dribsninė.

Dugno nuosėdos yra labai reikšmingos hidrocheminio režimo formavimosi procesui, užtikrina organinės medžiagos ir biogeninių elementų mainus. Jos, vienais atvejais, yra šaltinis, kitais – vandens telkinio organinių ir mineralinių išteklių akumulatorius.

Iš dugno nuosėdų į vandenį patenkančių biogeninių elementų (ypač tokių, kaip fosfatai) ir geležies kiekis priklauso nuo pH. Daug į vandens telkinį patenkančio fosforo sugeria vandenyje skendinčios kietosios dalelės ir jis susijungia su geležies ir kalcio jonais, sudarydamas netirpius kompleksinius junginius. Persislinkus karbonato pusiausvyrai ir padidėjus pH, kai taikomas bioprodukcinių procesų intensyvinimas, geležis iš tirpiosios būsenos pereina į skendinčiąją ir sedimentuoja.

Didžiausias biogeninių elementų kiekis iš dugno nuosėdų į vandenį patenka maišantis ir nesant didelei jų koncentracijai. Iš azoto junginių, iš dumblo į vandenį ypač greitai pereina amonio jonai. Anaerobinėmis sąlygomis, kai vyksta maišymasis, 1 g dumblo per 1 val. gali išskirti iki 70 mkg amonio azoto, aerobinėmis sąlygomis (kai pH 7,5-8,0) – iki 20 mkg. Dumblas adsorbuoja amonio jonus, kai jo kiekis vandenyje didesnis nei 20 mg/l. Sąveikaudami su vandeniu (kurio sudėtyje azoto yra 20, 50 ir 100 mg/l) ir vykstant maišymuisi, dumblai adsorbuoja atitinkamai 0,006; 0,07; 0,22 mg/g dirvožemio amonio azoto, o 1 g dumblo gali išskirti iki 0,002 mg nitritinio ir iki 0,012 mg nitratinio azoto. Esant didesnei nitratų koncentracijai, dumblai juos sugeria.

Jonizuotos būsenos fosforo junginiai iš dugno nuosėdų patenka į vandenį tik tada, jei jo koncentracija vandenyje ne didesnė, nei 0,5 mg/l. Vykstant maišymuisi, maksimalus koncentracijos padidėjimas pastebimas praėjus 30 min. po dumblo sąlyčio su vandeniu, kuriame yra 0,05 mg/l fosforo. Šiomis sąlygomis 1 g dumblo gali išskirti iki 0,004 mg/g dirvožemio fosforo. Sąveikaudamos su vandeniu, kurio sudėtyje fosforo yra 0,5; 1; 5 mg/l, vykstant maišymuisi, dumblo nuosėdos per parą fosforo adsorbuoja atitinkamai 0,002; 0,005 ir 0,23 mg/g dirvožemio, o maišymuisi nevykstant – 2 kartus mažiau. Esant desorbicijai iš dumblo nuosėdų į

vandenį sugrįžta 50-60 % sugerto fosforo, o 40-50 % lieka dirvožemyje. Sugertas kalcis, magnis, aliuminio ir geležies oksidai su fosforo anijonais sudaro ne tokius tirpius ir netirpius junginius todėl fosforas kaupiasi dugno nuosėdose.

Apskritai, vasarą per parą į priedugnio sluoksnį gali patekti apie 80 mg azoto ir 3 mg fosforo.

Biogeniniai elementai ir organinė medžiaga į vandens telkinį patenka ne tik iš baseino ir nuosėdų, bet ir su atmosferos krituliais, kurie padidina biogenų koncentraciją vandens telkinyje: organinės anglies – 0,5-0,8 %; organinio azoto – 0,3-0,7 %; permanganatinės oksidacijos organinės medžiagos – 0,2-0,3 %; amonio azoto – 2-7 %; nitratinio azoto – 2-5 %. Specialistų duomenimis, Baltijos šalių regiono vandens ir sniego sudėtyje vidutiniškai yra: organinės anglies – 4,5 mg/l, organinio azoto – 0,4 mg/l, permanganatinės oksidacijos dydis – 2 mg O₂/l, amonio azoto – 1,25 mg/l; nitrato azoto – 0,6 mg/l.

Didžiausias biogeninių elementų ir ištirpusios organinės medžiagos kiekis į vandenį patenka per 150 dienų nuo sumedėjusios augalijos irimo, pavyzdžiui, klevo, gluosnio, tuopos, pušies, per 10–80 dienų – irstant alksniui, baltajam gluosniui, krantiniam gluosniui, ąžuolui ir beržui. Irstant aukštesniesiems vandens augalams (būdmainiai rūgščiai, alismai, plūdei, nerčiai, švendrams, elodėjai, siūliniams dumbliams) didžiausias biogenų kiekis susidaro per 10–50 dienų; pievų augalijai taip pat – 10-50 parų; dirvožemiui – 20 dienų; planktonui – per 5–20 dienų.

žūtimi. Medžiagų, kurios yra visiškai inertiškos biologinių objektų atžvilgiu, toksiškumo kiekybinis matas gali būti išreiškiamas kaip artimas (bet nelygus) nuliui. Todėl toksikologija gali būti apibūdinama kaip mokslas, tiriantis savybę – toksiškumą, būdingą visoms, tiek gamtinės, tiek antropogeninės kilmės mus supančio pasaulio medžiagoms. Besiformuojant bendrajai toksikologijai, tiriančiai bendrus organizmo ir nuodų sąveikos dėsningumus, vyko ir vyksta vis didesnis jos suskirstymas. Pavyzdžiui, atsirado tokios jos šakos ir savarankiškos sritys kaip metalų, pesticidų, polimerų toksikologija, karinė, uždarytų erdvių, ekologinė ir žemės ūkio toksikologija. Sprendžiant įvairių akvakultūros sistemų normalaus funkcionavimo uždavinius, didžiausią svarbą turi tokios sritys kaip vandens, ekologinė ir žemės ūkio toksikologija. Ypač ekologinė toksikologija suprantama kaip tarpdisciplininė mokslo kryptis, susijusi su toksišku medžiagų poveikiu gyviems organizmams ir biocenozėms, esančioms ekologinių sistemų sudėtyje.

Medžiagų poveikis, sukeliantis biologinių sistemų funkcijų sutrikimą, vadinamas *toksiškuoju poveikiu*. Toksiškojo poveikio pagrindą sudaro medžiagos sąveika su biologiniu objektu olekuliniame lygmenyje. Toksikanto ir biologinio objekto sąveikos molekuliniam lygmenyje chemizmas vadinamas *toksiškojo poveikio* mechanizmu. Biologinių sistemų toksiškojo medžiagų poveikio pasekmė yra *toksiškojo proceso* vystymasis (biosistemos reakcijų į toksikanto poveikį, sukeltą biosistemos pažeidimą, t. y. jos funkcijų, gyvybingumo sutrikimą arba žūtį, formavimasis ir vystymasis).

4.2. poskyris. Aplinkos tarša. Taršos rūšys

Pagal savo prigimtį visa tarša skirstoma į fizikinę, fizikinę-cheminę, cheminę, biologinę ir mechaninę taršą. Bendrosios ekologinės aplinkos cheminių teršalų poveikio pobūdis ir laipsnis, atskiros biogeocenozės ir biosferos komponentai nėra vienodi skirtingose gamtos zonose net atskirų gyvūnų ir augalų rūšių atžvilgiu. Aplinkos cheminių savybių pokyčiai, nesusiję su natūraliais gamtiniais procesais, klasikiniu geocheminiu aspektu yra tarša. Vartojant šį terminą, dažniausiai omenyje turima medicininė-biologinė reikšmė, kada tarša interpretuojama žmogaus sveikatos požiūriu. Šiuo atveju, tarša suprantama kaip bet kokio oro, vandens, dirvožemių ir maisto produktų pokyčiai, darantys nepageidaujamą poveikį organizmo sveikatai ir gyvybei.

Teršalų *poveikį* lemia trys veiksniai. Pirmasis – tai jų cheminė prigimtis, tai yra jų aktyvumo ir kenksmingumo žmonėms, augalams ir gyvūnams laipsnis. Antrasis – tai koncentracija, oro kiekis vandens ar dirvožemio tūrio arba masės vienetu. Trečiasis veiksnys – stabilumas, tai yra egzistavimo trukmė ore, vandenyje ir dirvožemyje. Stabilumui apibūdinti

vartojamas terminas *persistentiškumas* – ksenobiotiko biologinio aktyvumo išlaikymo trukmė aplinkoje arba dirvožemyje, atmosferoje, hidrosferoje, augaluose, audiniuose ir kt. Apibūdinama medžiagos pusėjimo trukmė, tai yra laikas, per kurį ksenobiotiko kiekis aplinkoje sumažėja perpus. Persistentiškumas apibūdina ksenobiotiko atsparumo irimo proceso ir transformacijos laipsnį. Kartu su didžiausia leistina koncentracija ir toksiškumu egzistuoja medžiagos žalingojo poveikio kriterijus. Priklausomai nuo sąlygų, tos pačios medžiagos persistentiškumas gali plačiai svyruoti: paprastai, esant padidėjusiai drėgnumei ir temperatūrai, persistentiškumas yra mažesnis. Taip pat degradacijos procesams turi įtakos mikroorganizmai ir šviesa. Prie labiausiai persistentinių medžiagų priskiriami arseno ir gyvsidabrio junginiai, daugybė chloro organinių junginių (pavyzdžiui, dioksinų pusėjimo trukmė siekia 10 metų) ir dieno sintezės preparatai, gaunami iš heksachlorciklopentadieno. Prie mažo persistentiškumo medžiagų priskiriama, pavyzdžiui, dauguma fosforo organinių junginių, kurių išsilaikymo aplinkoje trukmė neviršija 3 mėnesių.

Pagal savo mastą taršos skirstomos į lokales (aplink pramonines įmones, gyvulininkystės kompleksus, naftos bazes ir kt.), regionines (regiono, respublikos, valstybės srities, baseino ribose), kosmines (kosminėje erdvėje, pavyzdžiui, nebenaudojami skraidomųjų aparatų laiptai ir kt.). Prie cheminės taršos priskiriamos į aplinką patenkančios cheminės medžiagos, kurių anksčiau šioje aplinkoje nebuvo arba kurios keičia natūralią koncentraciją iki įprastą normą viršijančio lygio. Į šią kategoriją įtraukimas užterštumas sunkiaisiais metalais, atskiromis paprastomis arba sudėtingomis cheminėmis medžiagomis.

Taršos šaltiniai skirstomi pagal teršalų patekimo į aplinką pobūdį – į lokalius, taškinius, plotinius ir linijinius (netaškinius). Visi pramoniniai išmetamųjų teršalų ir nuotekų šaltiniai yra taškiniai. Netaškiniai šaltiniai siejami su žemės ūkiu, chemizacija, paviršinėmis nuotekomis iš užterštų teritorijų ir kt. Įvertinant teršalų poveikį gamtinei aplinkai, reikia skirti tiesioginį (pirminį) poveikį nuo tarpiško (antrinio) poveikio. Pagal susidarymo pobūdį taršos skirstomos į gamtines ir antropogenines. Gamtinę taršą sukelia natūralios priežastys (be žmogaus įsikišimo arba žmogaus neesminis netiesioginis įsikišimas). Gamtinė tarša siauresne reikšme vadinama natūralia, jeigu atsiranda ne dėl žmogaus poveikio gamtiniams procesams; paprastai tai būna katastrofiniai procesai – stiprus ugnikalnio išsiveržimas, purvo nuošliauža ir pan.

Šiai kategorijai priskirtina geocheminė tarša, atsiradusi mūsų planetos susidarymo ir evoliucijos procese. Ji gali būti tiek teigiama, tiek neigiama. Pirmuoju atveju šioje vietovėje yra kokio nors elemento perteklius, o antruoju atveju – trūkumas.

Tarša, kurią sukelia žmogaus ūkinė veikla, vadinama antropogene. Ji skirstoma į pramoninę (sukeliamą atskiros įmonės arba visos pramonės šakos), žemės ūki (atsirandančią

naudojant trąšas, nuodinguosius chemikalus, išmetant gyvulininkystės atliekas ir atliekant kitus veiksmus, susijusius su žemės ūkio gamyba) ir kt. taršą.

4.3. poskyris. Ekotoksikometrija

Ekotoksikometrija – tai ekotoksikologijos sritis, kurios ribose tiriami metodiniai būdai, suteikiantys galimybę įvertinti (perspektyviai arba retrospektyviai) ksenobiotikų ekotoksiškumą. Šiais tikslais taikomos visos klasikinių kiekybinių toksikologinių tyrimų rūšys. Ūmus ekopoliutantų (ekologinių sistemų teršalų) toksiškumas nustatomas eksperimentais, atliekamais su keliomis rūšimis, kurios yra įvairių trofinės organizacijos ekosistemoje atstovai (dumbliai, augalai, bestuburiai, žuvis, paukščiai, žinduoliai). Nustatant vandens, kurio sudėtyje yra tam tikro toksikanto, kokybės kriterijus, JAV aplinkos apsaugos agentūra reikalauja nustatyti jo toksiškumą, atliekant tyrimus mažiausiai su 8 skirtingomis gėlavandenių ir jūrinių organizmų rūšimis (16 bandymų).

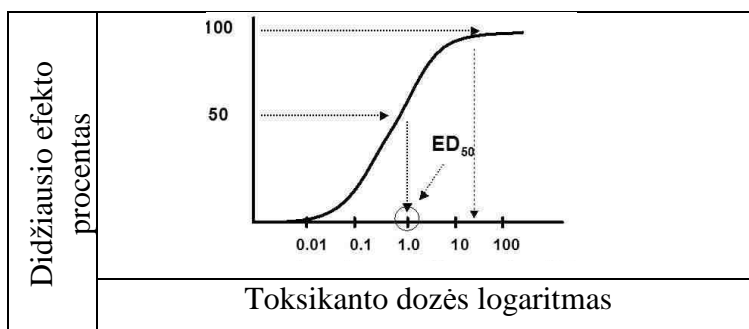
Ne vieną kartą buvo bandoma rūšiuoti gyvų būtybių rūšis pagal jų jautrumą ksenobiotikams. Tačiau gyvų būtybių jautrumas skirtingiems toksikantams nėra vienodas. Be to, tam tikrų ekologinės organizacijos lygių atstovų „standartinių rūšių“ naudojimas, nustatant ksenobiotikų ekotoksiškumą, mokliškai nėra korektiškas, kadangi net ir artimų rūšių gyvūnų jautrumas kartais yra labai skirtingas.

Priklausomumas „dozė-efektas“ (epidemiologinis požiuiris). Toksiško proceso pasireiškimo spektrus lemia toksikanto sandara. Tačiau besivystančio proceso pasireiškimo intensyvumas yra veikiančio agento kiekio funkcija. Vandens toksikologijoje žalingas agentas gali būti suprantamas kaip toksiška medžiaga. Efektai gali būti interpretuojami kaip patys įvairiausi požymiai. Pavyzdžiui, letalinė išėitis, rodiklio pasišalinimas iš biologinės normos ribų ir pan. Biologinį objektą veikiančios medžiagos kiekiui įvardyti vartojamas toks terminas – *dozė* (veikiančioji dozė). Pažeidžiančio agento rūšis ir veikiančiosios dozės patekimo keliai gali būti labai įvairūs. Veikiančiąją dozę galima tiesiogiai išmatuoti naudojant technines priemones ir išreikšti atitinkamais vienetais. Pavyzdžiui, tai gali būti medžiagos kiekis gyvūno svorio vienetai, įvedant medžiagą į organizmą, (pavyzdžiui, mg/kg ar mkg/g) arba vandens tūrio vienetai (pavyzdžiui, mg/m³). Veikiančiąjai dozei būdingas normalus pasiskirstymas, jį apibūdinama vidutine reikšme bei dispersija, kurią lemia jos matavimo paklaida. Priklausomumas „dozė-efektas“ gali būti stebimas visuose gyvosios medžiagos organizacijos lygmenyse: nuo molekulinio iki populiacinio. Be to, dauguma atvejų registruojamas bendrasis dėsningumas: didinant dozę, didėja sistemos pažeidimo laipsnis; į procesą įtraukiamas vis

didesnis jų sudarančių elementų skaičius. Priklausomai nuo veikiančios dozės, praktiškai bet kokia medžiaga tam tikromis sąlygomis gali pakenkti organizmui. Priklausomumo „dozė-efektas“ pasireiškimui esminę įtaką turi vidurūšinis ir tarprūšinis organizmų kintamumas. Tai pačiai rūšiai priklausantys individai labai skiriasi vieni nuo kitų pagal biocheminę, fiziologinę, morfologinę charakteristiką. Tokius skirtumus dažniausiai lemia jų genetiniai ypatumai. Dėl tų pačių genetinių ypatumų dar labiau pasireiškia tarprūšiniai skirtumai. Todėl konkrečios medžiagos dozės, sukeliančios tos pačios rūšies ir, tuo labiau, skirtingų rūšių organizmų pažeidimą, kartais būna labai skirtingos. Vadinasi, priklausomumas „dozė-efektas“ atspindi ne tik toksikanto, bet ir organizmo, kurį jis veikia, savybes. Praktikoje tai reiškia, kad kiekybinis toksiškumo vertinimas, pagrįstas priklausomumo „dozė-efektas“ tyrimu, turi būti atliekamas eksperimentuojant su įvairiais biologiniais objektais ir būtinai taikant statistinius gaunamų duomenų apdorojimo metodus.

Efektyvumo funkciją sudaro taškų visuma. Kiekvienas taškas formuojamas kaip daugybės stebėjimų vidurkis, kadangi bandymų objektai turi individualių ypatumų (individualų jautrumą), o tai galiausiai sukelia arba registruojamo požymio pasireiškimą, arba jo nebuvimą, veikiant numatyti tiriamojo veiksnio dozei.

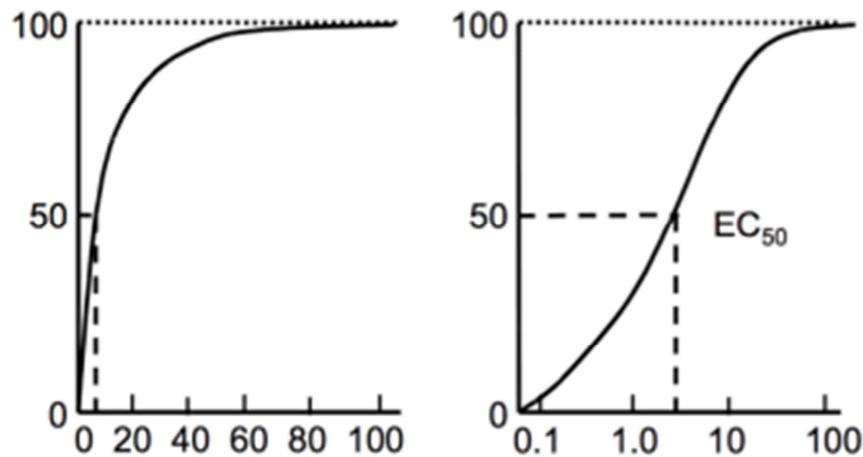
Labiausiai paplitęs priklausomumo „dozė-efektas“ nustatymo grupėje būdas yra pogrupių formavimas šioje grupėje. Tam pačiam pogrupiui priklausantiems gyvūnams įvedama vienoda toksikanto dozė, o kiekviename kitame pogrupyje dozė yra didinama. Pogrupiai turi būti formuojami atsitiktinio parinkimo metodu. Didėjant dozei, didės ir gyvūnų (kuriems išsivystė tiriamasis efektas) dalis kiekviename pogrupyje. Gaunamą priklausomumą galima pavaizduoti kumuliacinėje pasiskirstymo dažnių kreivėje, kur teigiamai reaguojančių į toksikantą gyvūnų skaičius (bendrojo gyvūnų skaičiaus pogrupyje dalis) yra dozės funkcija (4.1. pav.).



4.1. pav. Tipiška dozės kreivė – efektas gyvūnų grupėje, simetriška vidutinio taško atžvilgiu (50 proc. atsakas).

Pagrindinės grupės atsako į toksikantą vertė yra artima vidurkiui (ED_{50}). Jeigu stebimas efektas yra gyvūnų žūtis, tai toksikanto dozė, sukianti pusės grupių gyvūnų žūtį, žymima LD_{50} .

Dažniausiai taikoma toksikantų dozė išreiškiama logaritminiais vienetais. Palyginimui 4.2 piešinyje pateikiama „dozė-efektas“ tiesioginėse ir pusiau logaritminėse koordinatėse. Koncentracija, sukianti pusę didžiausio efekto, žymima EC_{50} .



4.2. pav. Sukelto efekto priklausomumas nuo medžiagos koncentracijos, pateiktos tiesėje (kairėje) ir logaritminėje skalėje (dešinėje).

Dauguma atveju grafikas atrodo kaip S formos kreivė, simetriška vidutinio taško atžvilgiu. Galima išskirti kelias svarbias šios kreivės charakteristikas, į kurias tikslinga atsižvelgti, jei norima interpretuoti gaunamus rezultatus.

1. Centrinis kreivės taškas (50 proc. atsako vertė) arba vidutinė efektyvioji dozė (ED_{50}) – tai apskaičiuotasis statistinis dydis, kuriam taip pat būdingas normalus pasiskirstymas ir jis apibūdinamas vidutine reikšme bei dispersija. Efektyvioji dozė apskaičiuojama pagal efekto tikimybių vertę, o jos dispersija apima tiek veikiančios dozės paklaidą, tiek efekto paklaidą. Efektyvioji dozė kiekviename funkcijos taške žymima tam tikra kategorija, kuri atitinka efekto tikimybę. Jeigu vertinamasis efektas yra gyvūnų letalinės išėties grupėje, šis taškas žymimas kaip vidutiniškai mirtina dozė (LD_{50}). Daugybė efektyviųjų dozių ir sudaro efektyvumo funkciją.

2. Daugumos gyvūnų populiacijoje jautrumas yra artimas vidutinei reikšmei. Dozių intervalas, apimantis pagrindinę dalį kreivės aplink centrinį tašką, kartais žymimas kaip preparato „potencija“.

3. Nedidelė dalis populiacijos kairiojoje kreivės „dozė-efektas“ dalyje reaguoja į mažas toksikanto dozes. Tai labai jautrių arba hiperaktyvių individų grupė. Kita dalis populiacijos dešiniojoje kreivės dalyje reaguoja tik į labai dideles toksikanto dozes. Tai nejautrūs, hiporeaktyvūs arba atsparūs individai.

4. Kreivės „dozė-efektas“ nuolydis, esantis ypač arti vidutinės reikšmės, apibūdina efektą sukeliančių dozių sklaidą. Ši vertė parodo, kaip keisis populiacijos reakcija į toksikanto poveikį besikeičiant veikiančiai dozei. Status nuolydis reiškia, kad didžioji dalis populiacijos maždaug vienodai reaguos į toksikantą siaurame dozių diapazone, o lėkštas nuolydis liudija apie esminius individų jautrumo toksikantui skirtumus.

Kreivės forma ir jos ekstremalūs taškai priklauso nuo daugybės išorinių ir vidinių veiksnių, tokių kaip pažeidimų reparacijos mechanizmų būklė, sukiamų efektų grįžtamumas ir kt. Pavyzdžiui, toksiškasis procesas gali nesivystyti tol, kol nenustos veikti organizmo apsigynimo nuo veikiančiojo toksikanto mechanizmų procesas ir veiks biocheminės detoksikacijos procesai. Lygiai taip pat, kaip dėl toksiškųjų metabolitų susidarymo iš pradinio ksenobiotiko procesų, prisisotinimo kreivė „dozė-efektas“ gali pasiekti platò paviršių. Toksikologijoje yra susidaręs natūralus įsitikinimas, kad didinant nuodų dozę, turi didėti ir laukiamo efekto atsiradimo tikimybė, besitartinant prie vieneto. Gyvuosiuose organizmuose būtent taip ir pasireiškia toksiškasis absoliučios daugumos kenksmingųjų medžiagų ir nuodų poveikis. Tačiau kartais kai kuriuose tiriamųjų dozių diapazonuose priklausomumas „dozė-efektas“ būna nelinijinis ir jam jokia būdu negali būti taikoma matematinė analizė, atliekama tradiciniais metodais. Pavyzdžiui, remiantis ekologinių tyrimų rezultatais, nustatytas nelinijinis (bimodalinis, invertuotas, V formos, apimantis superlinijiškumo, sublinijiškumo ir linijiškumo atkarpos) priklausomumas „koncentracija (dozė)-efektas“, veikiant kai kuriems toksiškiems junginiams. Toks reiškinys toksikologijoje yra vadinamas „*paradoksalioju toksiškumu*“. Manoma, kad jo kilmę vienu metu lemia įvairių toksiškumo mechanizmų realizacija ir organizmo apsauginių reakcijų pasireiškimai (pavyzdžiui, kenksmingųjų medžiagų detoksikacija). Šia prasme nieko neįprasto (paradoksalus), tokių agentų toksodinamikoje nėra. Kitais atvejais šių efektų realizacijos mechanizmai nėra žinomi. Pats terminas „paradoksalusis toksiškumas“ turi būti suprantamas kaip registruojamojo požymio (efekto) pasireiškimo tikimybės mažėjimo reiškinys eksperimentinėje bandymų objektų imtyje, nuosekliai didinant kenksmingų agentų dozę. Terminas „paradoksalusis toksiškumas“ vartojamas toksikantams apibūdinti. Šiuo atveju, jeigu kaip registruojamosos požymis naudojami kiti rodikliai, priklausomumas „dozė-efektas“ apibūdinamas bendruoju terminu „paradoksalusis efektyvumas“.

Efeko dažnumas – tai sąlyginis dydis, išreikštas vieneto dalimis arba procentais ir gautas eksperimentų būdu, taikant bandymųjų organizmų antykį, kuriems pasireiškė nurodomas skaičiaus ir bendro bandymų objektų eksperimentinėje grupėje skaičiaus požymis.

Efeko tikimybė vadinamas prognozuojamasis sąlyginis dydis, apskaičiuotas statistiniais metodais, kuris taip pat išreiškiamas sąlyginiais vienetais arba procentais. Pavyzdžiui, efektų dažnumų vertei konvertuoti į tikimybių vertę taikoma van der Verderno formulė:

$$P = (n+1)/(N+2),$$

kur n – objektų skaičius pasirinktoje grupėje,

N – bendrasis objektų skaičius ištirtoje gyvūnų imtyje.

Efekto dažnumo kiekybinė reikšmė apibūdina individų (kuriems būdingas išreikštas jautrumas užduotai tiriamojo toksikanto dozei) pasitaikymo eksperimentinėje bandymų objektų imtyje tikimybę. Būtent šioje bandymų objektų kategorijoje registruojami užduoti požymiai. Didinant dozę, jautrių bandymų objektų santykis jau naujose eksperimentinėse imtyse gali keistis, būtent tai yra efektyviosios funkcijos rūšies formavimosi priežastis. Esant tolygiam jautrių bandymų objektų skaičiaus didėjimui, dozių didinimo atveju formuojama linijinė efektyvumo funkcija. Priešingu atveju, efektyvumo funkcijos rūšis gali būti pati įvairiausia, taip pat ir mažėjanti didėjant dozėms, t. y. – paradoksali.

Šiuolaikinėje toksikometrijoje paradoksaliajo toksiškumo fenomeno vertinimo problema yra ta, kad iki šiol nėra sukurtas adekvatus matematinis modelis, kurio pagrindu būtų galima suplanuoti eksperimentą ir apdoroti gautus duomenis, įrodančius paradoksaliųjų efektų buvimą arba nebuvimą. Klasikiniai efektyvumo funkcijos sudarymo ir efektyvių dozių kategorijų nustatymo metodai netinka tuo atveju, jei efektyvumo funkcija skiriasi nuo normalaus pasiskirstymo funkcijos.

Priklausomumas „dozė-efektas“ pagal letališkumo rodiklį. Kadangi, suveikus toksikantui, letali išėitis yra alternatyvioji reakcija, kuri realizuojasi pagal principą „viskas arba nieko“, šis efektas laikomas patogiausiu, nustatant medžiagų toksiškumą. Jis naudojamas *vidutiniškai mirtinos dozės (LD₅₀)* reikšmei nustatyti. Vidutiniškai mirtina dozė (arba koncentracija *LC₅₀*) – tai nuodų kiekis, sukeltantis 50 proc. standartinės tiriamųjų gyvūnų grupės žūtį, esant tam tikram tolesnio stebėjimo laikui.

Ūmus toksiškumas nustatomas pagal letališkumo rodiklį pogrupių formavimo metodu. Naudojami vienos lyties, amžiaus, svorio gyvūnai, kuriems taikoma tam tikra dieta, sudarant reikiamas laikymo, temperatūros, drėgmės ir kt. sąlygas. Tyrimai kartojami su keliomis laboratorinių gyvūnų rūšimis. Įvedus tiriamąjį cheminį junginį, vykdomas stebėjimas, per kurį nustatomas žuvusių (paprastai per 14 parų) gyvūnų skaičius.

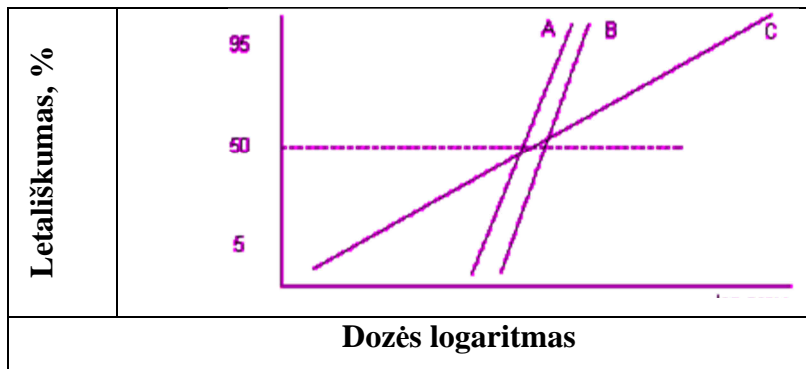
Paprastai „dozės-letališkumo“ kreivė pagal savo formą būna analogiška kumuliatyvinio efekto dažnumo pasiskirstymo kreivei, taikomai kitiems priklausomumams „dozė-efektas“. Gaunamų duomenų suliginimo ir jų statistinio apdorojimo reikmėms kreivė transformuojama į linijinio priklausomumo formą.

Toksiškumas pagal letališkumo rodiklį paprastai nustatomas, remiantis tam tikru gyvūnų žūties grupėje lygiu. Dažniausiai, kaip kontrolinis lygis, naudojama 50 proc. gyvūnų žūtis, nes

tai atitinka dozės pasiskirstymo kreivės medianą, aplink kurią simetriškai koncentruojasi didžioji dalis teigiamų atsakomųjų reakcijų.

Kaip kiti nustatytini mirštamumo lygiai, gali būti pasirenkamos reikšmės LD_5 ir LD_{95} , kurios, remiantis statistikos dėsniais, yra artimos atitinkamam toksiško poveikio slenksčiui ir maksimumui. Šios reikšmės yra dozinio intervalo ribos, kuriose realizuojama didžioji dalis efekto.

Kaip jau minėjome, viena iš svarbiausių bet kokios „dozės-efekto“ kreivės charakteristika yra jos statusas. Jeigu dvi medžiagos pasižymi statistiškai neatskiriamomis LD_{50} dydžio reikšmėmis ir vienodu toksiškumo kreivės „dozė-efektas“ statusu (t. y. statistiškai neatskiriama atitinkamai LD_{16} ir LD_{84} verčių dydžiai), tai pagal letališkumo rodiklį jos yra ekvitoksiškos plačiame dozių diapazone (medžiagos A ir B 4.3. piešinyje). Tačiau medžiagos, kurių LD_{50} dydžių reikšmės yra artimos, bet skirtingas toksiškumo kreivės statusas, ženkliai skiriasi pagal savo toksines savybes (medžiaga C 4.3. pav.).



4.3. pav. Skirtingas priklausomumo „dozė-efektas“ vidurinės dalies statusas atspindi medžiagų toksiškumo skirtumus (paaškinama tekste).

Kenksmingo poveikio slenkstis (*Harmfuleffectthreshold*) – mažiausia medžiagos koncentracija (dozė) išorinėje aplinkoje. Jos poveikis organizme (esant konkrečioms medžiagos patekimo sąlygoms ir standartinei statistinei gyvūnų grupei) sukelia pokyčius, išeinančius už fiziologinių adaptavimosi reakcijų ribų arba sukelia paslėptą (laikinei kompensuotą) patologiją. Vienkartinio poveikio slenkstis žymimas simboliu $Lim(ac)$, lėtinio poveikio slenkstis – simboliu $Lim(ch)$.

Įvertinant ekotoksiškumą, reikia atsižvelgti į tai, jog nepaisant to, kad beveik visos medžiagos gali sukelti ūmius toksinius efektus, lėtinis toksiškumas būdingas toli gražu ne kiekvienam junginiui. Netiesioginė reikšmė, parodanti medžiagos pavojingumo laipsnį esant jo lėtiniam poveikiui, yra ūmius ir lėtinius efektus sukeliančių koncentracijų santykis. Jeigu šis santykis yra mažesnis nei 10, medžiaga interpretuojama kaip ne tokia pavojinga esant jos lėtiniam poveikiui.

Įvertinant medžiagos lėtinį ekotoksiškumą, reikia atsižvelgti į toliau išvardytas aplinkybes:

1. Pavojingumo koeficiento nustatymas – tai tik pirmas žingsnis, nustatant ekotoksinį medžiagos potencialą. Laboratorijos sąlygomis toksikantų lėtinio poveikio koncentracijos riba nustatoma įvertinant grupės letališkumo, augimo, reprodukcinių gebėjimų rodiklius. Tiriant kitas medžiagų lėtinio poveikio pasekmes, gali būti gaunamos kitokios skaitinės charakteristikos.

2. Toksiškumo tyrimas atliekamas su gyvūnais, kurie gali būti laikomi laboratorijos sąlygomis. Šiuo atveju gaunami rezultatai negali būti interpretuojami kaip absoliutūs. Toksikantai gali kelti lėtinius efektus vienoms rūšims ir nekelti jų kitoms.

3. Toksikanto sąveika su biotiniais ir abiotiniais išorinės aplinkos elementais gali ženkliai atsispindėti jo toksiškumui natūraliomis sąlygomis.

Priklausomumo „dozė-efektas“ populiacinis pobūdis. Ekologinė toksikologija remiasi būtinais viršorganizminiais rodiklių kriterijais.

Populiacijoje turi egzistuoti tam tikra individų skaičius riba, kurią peržengus, populiacijos egzistavimas gamtinėmis sąlygomis yra neįmanomas. Tokią kritinę situaciją atitinka tam tikras „pažeistų individų“ procentas.

Veikiančių dozių diapazono vertinimo problema skirtingų rangų biologinėse sistemose yra sudėtinga ir neatsiejama susijusi su normos samprata. Biologinėms sistemoms taikoma normos teorija šiuo metu yra nepakankamai ištirta.

Evoliucinio vystymosi procese *augaliniuose* ir *gyvuliniuose organizmuose* yra įtvirtintas gebėjimas adekvačiai reaguoti į gyvenamosios terpės pokyčius, kuriuos sukelia gamtinių ir klimatinių veiksnių pokyčiai. Antropogeninių veiksnių (įskaitant technogeninę taršą) poveikiui skirtingų rangų biologinės sistemos evoliuciškai nėra pasiruošusios. Jų reakcija į technogeninį procesą yra nespecifinio pobūdžio tradicinių, evoliuciškai įtvirtintų kompensacijos mechanizmų ribose. Tik, šiuo atveju, prisitaikymo gebėjimai gali būti viršijami, o parametrai, kurie apibūdina biologinių sistemų funkcionavimą, gali išeiti už leistinų ribų.

Būdingiausias biologinių sistemų normos rodiklis yra gebėjimas taip pakeisti savo funkcinius parametrus besikeičiančiomis egzistavimo sąlygomis, kad sistema būtų palaikoma optimumo sąlygomis. Kitaip tariant, visumos norma – tai jos dalių sąveikos sistemos prisitaikymo prie egzistavimo sąlygų proceso norma.

Populiaciją, kaip tarpusavyje susijusių individų sistemą, dėl pradinių skirtumų tarp atskirų ekologinių-funcinių grupių apibūdina jų atsako į bet kokią išorinį poveikį įvairovė. Egzistuoja savotiškas paveldėto vidurūšinio kintamumo rezervas, kuris, viena vertus, pasireiškia plačiame atskirų subpopuliacinių grupių spektre reaguojant į technogeninę taršą, o antra vertus, jį lemia taršos sukeltų nepalankių populiacijos struktūrų ir funkcijos pokyčių kompensacijos

specifinių populiacinių mechanizmų buvimas. Šis rezervas yra populiacijos reakcijos į technogeninę aplinkos taršą būtina normos komponentė.

Dėl pirmiau paminėtų faktų, priklausomumo „dozė-efektas“ populiacinis pobūdis turi atsižvelgti į toliau išvardytas aplinkybes.

1. Atliekant kiekybinį „dozės“ vertinimą atsižvelgtina į toksinio poveikio dydį, kuris atspindi ne tik vidutinius toksiškų medžiagų išorinės aplinkos lygius, bet populiacijos kaip heterogeninio objekto, kurio elementai patiria skirtingo intensyvumo toksinį poveikį, specifiką. Pavyzdžiui, tai gali būti bendras toksikantų kiekis arba srautas, padidėjęs atskirais komponentais, kurie atitinka populiacijos struktūrą.

2. Efekto vertinimas analogiškai turi apimti kai kuriuos integralius populiacijos būklės rodiklius, kurie tiesiogiai kontroliuoja jos struktūros ir funkcijos stabilumą. Pavyzdžiui, vislumo ar vaisių vedimo, išgyvenamumo, produktyvumo, užimamo ploto arba skaičiaus ir kt. rodiklius.

3. Įvertinant viršorganizminio lygio efektus, būtina atsižvelgti į pradinį toksiškumo pasireiškimą molekuliniam, audiniam, ląsteliniame ir organizminiame lygmenyse.

4. Didesnis, palyginti su kitomis sistemomis, išorinės aplinkos veiksnių vaidmuo atliekamas realizuojant populiacinio lygio efektus. Pavyzdžiui, terpės pH įtaka taršai, veikiant vandens organizmų bendrijas.

Didelio faktinės medžiagos kiekio analizė įtikina, kad stebimas toksiškumo pasireiškimas, veikiant beveik visiems technogeniniams teršalams, vienareikšmiškai koreliuoja su šių medžiagų sancaupomis atskiruose biotos komponentuose.

Tokiu būdu, technogeninės medžiagos, teršiančios gamtines ekosistemas, patenka į biologinę apytaką dėl augalų ir gyvūnų populiacijos gyvybinės veiklos. Be to, populiacijos, kurios yra tarpusavyje susijusių heterotrofinių individų grupių sistemose, modifikuoja šiuos srautus pagal jų ekologinę-funkcinę specifiką ir lemia šitaip kaupiamų toksikantų lygio bei atsakomosios reakcijos į poveikį įvairovę.

Savaime suprantama, kad toksinio poveikio matas (tai, kas suprantama kaip dozė), negali būti apibūdinamas kai kuriomis vidutinėmis toksiškų elementų kiekiu biotoje reikšmėmis. Toks dydis turi atspindėti atskirų organizmų apykaitos procesų kintamumą, tokie procesai sukelia vienalytėse grupėse kaupiamų toksikantų lygių svyravimą (variabilumą). Be to, reikia atsižvelgti į atskirų subpopuliacinių grupių skirtumus pagal šį rodiklį.

Toksiškų elementų lygių pasiskirstymas tarp gyvūnų matematiškai gali būti išreiškiamas vienu iš statistinio pasiskirstymo dėsnų. Kaip toksinio poveikio populiacinis matas, gali būti nagrinėjama tam tikra integralinė funkcija $f(x)$, apibūdinanti toksiškų elementų kiekių statistinį pasiskirstymą organizmuose, sudarančiuose populiaciją arba tam tikrą populiacinę imtį (koncentracijų spektras). Čia x – medžiagos kiekis vidinėse organizmo terpėse (pavyzdžiui,

sunkiųjų metalų koncentracija kraujyje). Įvedamas rodiklis yra populiacinė charakteristika. Viena vertus, jis atspindi toksiškų medžiagų kaupimosi specifiką organizmo lygmenyje, jos priklausomumą nuo genetinio-funkcinio organizmų, priklausančių vienalytėms populiacinėms grupėms, metabolinių procesų ir energetinių poreikių individualiojo kintamumo. Antra vertus, šis rodiklis nėra paprasta taršos lygių suma.

Besikeičiančios gamtinių populiacijų egzistavimo sąlygos, įskaitant technogeninės taršos įtaką, atspindi atskirų ekologinių-funkcinių grupių (sezoninių, erdvinių, lyčių, amžių ir kt.) gausybę arba skaičiumi. Tai lemia kiekvienos vidupopuliacinės grupės indėlį į bendrą toksiškųjų elementų lygių pasiskirstymą populiacijose ir suteikia galimybę nagrinėti tokius pasiskirstymus kaip toksinio poveikio matą.

Toksiškųjų medžiagų koncentracijos statistinis pasiskirstymas audiniuose arba organizmuose apskritai nėra simetriškas (negali būti apibūdinamas normalaus pasiskirstymo dėsniumi). Ekologinėje toksikologijoje, kaip priklausomumo „dozė-efektas“ argumentaciją, reikia nagrinėti toksiškųjų medžiagų koncentracijos spektrą populiacinėje imtyje, kuri apibūdinama *lognormaliuoju pasiskirstymo dėsniu* (jeigu atsitiktinei reikšmei būdingas lognormalusis pasiskirstymas, tai jos logaritmui būdingas normalusis pasiskirstymas).

Perėjimo prie viršorganizminio lygio ekologinės sistemos dozinių priklausomumų analizės sudėtingumas siejamas su negalėjimu praktikoje realizuoti aktyvių eksperimentų su dozuojamomis gamtinių biogeocenozių apkrovomis. Kitas sunkumas siejamas su toksinės apkrovos dozės neapibrėžtumu realioje situacijoje. Realių taršos šaltinių išmetamieji teršalai paprastai būna daugiakomponenčiai ir ne visada pavyksta išskirti vieną arba du pagrindinius toksikantus. Pagaliau, trečias priklausomumo „dozė-efektas“ analizės ekosistemos lygmenyje sunkumas yra susijęs su ženkliai didesniu erdvės ir laiko parametrų variabilumu, palyginti su kitais organizacijos lygiais. Ją apibūdina tiek natūralus ekologinių veiksnių mozaikiškumas, tiek ir erdvinis toksinės apkrovos dozės pasiskirstymo netolygumas.

4.4. poskyris. Bandomųjų organizmų naudojimas atliekant toksikologinį eksperimentą

Pagrindinis bet kokio toksikologinio bandymo uždavinys yra nustatyti didžiausią neveikiančią (arba nekenksmingą, ribinę, neefektyvią) medžiagų koncentraciją, kuri nesukelia pokyčių organizmuose. Atliekant bandymus su įvairiais bandomaisiais objektais (žuvimis, bestuburiais ir kt.), nustatoma pačiam jautriausiam organizmui nekenksminga medžiagos koncentracija, kuri yra išėties taškas, nustatant šios medžiagos leistiną koncentraciją.

Bandomieji organizmai – tai labai jautrūs organizmai, plačiai paplitę tam tikrose geografinėse zonose, kuriuos lengva rinkti, patogų laikyti ir kultivuoti laboratorijoje ir kurie yra gerai ištirti.

Pavyzdžiui, vandens organizmų biotestavimo reikmėms naudojami įvairūs hidrobiontai – dumblas, mikroorganizmai, bestuburiai, žuvis. Populiariausi objektai yra planktono vėžiagyvių filtruotojų *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis* juvenilinės formos. Svarbi tinkamo biotestavimo atlikimo sąlyga – genetiškai vienalyčių laboratorinių kultūrų naudojimas, kadangi atliekamas jų jautrumo tikrinimas, jos laikomos specialiomis, standartuose numatytais sąlygomis, užtikrinančiomis būtiną tyrimų rezultatų sutapimą ir atkūrimą bei didžiausią jautrumą toksiškoms medžiagoms.

Biotestavime, apibūdinant bandomojo objekto atsaką į pažeidžiamą aplinkos poveikį, naudojamas toksiškumo kriterijus – *testo funkcija*. Testo funkcijos, taikomos kaip biotestavimo rodikliai įvairiems objektams:

- infuzorijoms, vėžiagyviams, embrioninėms moliuskų stadijoms, žuvims, vabzdžiams – bandomųjų organizmų išgyvenamumas (mirštamumas);

- vėžiagyviams, žuvims, moliuskams – vislumas, anomalių nukrypimų atsiradimas ankstyvojo embrioninio organizmo vystymosi metu, kiaušialąsčių dalijimosi sinchroniškumo laipsnis;

- vienaląsčių dumblių kultūroms ir infuzorijoms – ląstelių žūtis, ląstelių skaičiaus pokyčiai (didėjimas ar mažėjimas) kultūroje, ląstelių dalijimosi koeficientas, vidutinis augimo greitis, kultūros paros prieaugis;

- augalams – sėklų dygimo energija, pagrindinės šaknies ilgis ir kt.

Pradinis, vertinamasis įvairių chemikalų toksiškumo testavimas – tai paprastai iki 5 parų trukmės ūmūs bandymai, atliekami naudojant aukštas priedų koncentracijas. Tokie bandymai yra būtini, kadangi demonstruoja galimą mažesnių medžiagos dozių kenksmingumą, esant ilgesniam poveikiui. Vadinasi, nustatant paribinę medžiagos koncentraciją, pagrindinis dėmesys ūmiuose toksikologiniuose bandymuose turi būti skiriamas jautriausių organizmų paieškai.

Pagrindinis bandomųjų organizmų jautrumo toksikantams vertinimo metodas yra jų mirštamumo registravimas. Pagrindinė (klasikinė) bandymo trukmė – 96 valandos. Toksikologinių bandymų „klasikinė“ 96 valandų trukmės priežastis yra labiau socialinė nei fundamentali, nes istoriškai susiklosčiusi įvairių šalių mokslininkų darbo savaitės trukmė yra 5 paros.

XX amžiaus pradžioje pagrindinis aplinkos toksiškumo vertinimo metodas buvo žuvų išgyvenamumo nustatymo metodas – taip vadinamas „žuvų mėginio“ metodas. Metodas yra plačiai paplitęs – dėl paprastumo ir patogumo jis taikomas iki šiol. Metodo trūkumas yra ilgas

žuvų prisitaikymo prie laikymo laboratorijoje laikotarpis (15–20 parų), kuris pats savaime yra stresas. „Žuvų mėginio“ metodas įgijo tolesnę plėtrą JAV po to, kai buvo sukurtos žuvų judėjimo aktyvumo ir kai kurių elgsenos reakcijų (kurių pokyčiai padėdavo nustatyti toksikantų buvimą terpėje) nekontaktinio registravimo sistemos.

4.5. poskyris. Pagrindinės toksinių medžiagų klasės

Svarbiausia ksenobiotikų charakteristika ekotoksikologijos aspektu yra jų *ekotoksinis pavojingumas* – medžiagos potencialus gebėjimas kokrečiomis sąlygomis sukelti biologinių sistemų pažeidimą jai patekus į aplinką. Potencialų medžiagos pavojingumą apibūdina jos atsparumas aplinkoje, gebėjimas bioakumuliuotis, toksiškumo įvairioms biologinėms rūšims laipsnis.

Pagal poveikio organizmui laipsnį kenksmingos medžiagos skirstomos į 4 pavojingumo klases:

- 1 – ypač pavojingos medžiagos;
- 2 – labai pavojingos medžiagos;
- 3 – vidutiniškai pavojingos medžiagos;
- 4 – ne tokios pavojingos medžiagos.

Pavojingumo rodikliai skirstomi į dvi grupes. Prie pirmosios grupės priskiriami potencialaus pavojingumo rodikliai – medžiagos lakumas, tirpumas vandenyje ir riebaluose bei kiti, pavyzdžiui, aerozolio dispersiškumas. Šios savybės apibūdina nuodų galimybę patekti į organizmą pro kvėpavimo takus, patekus ant odos ir pan.

Antrajai grupei priskiriami realiojo pavojingumo rodikliai – daugybė toksikometrijos parametrų ir jų išvestinių. Viena iš jų yra *ūmaus poveikio zonos* (Zac) samprata. Kuo mažesnis yra atotrūkis tarp žūtį sukeliančios koncentracijos (dozės), tuo pavojingesnė yra medžiaga ūmaus apsinuodijimo išsivystymo požiūriu. Taip, pavyzdžiui, amoniako Zac > 100 (natūralus metabolizmo produktas, prie kurio prisitaikė organizmai). Ūmaus apsinuodijimo požiūriu, ši medžiaga yra ne tokia pavojinga. Skirtingai nei jos, pavyzdžiui, amilo alkoholio poveikio zona yra labai siaura – Zac = 3. Tai pavojinga medžiaga, eant ūmaus apsinuodijimo išsivystymo galimybei.

Lėtinio poveikio zona (Zch) siejama su medžiagų kumuliacinėmis savybėmis, jos reikšmė tiesiai proporcinga lėtinio apsinuodijimo pavojui.

Biologinio poveikio zona. Vidutiniškai mirtinos dozės (koncentracijos) ir dozės ribos (koncentracijos) santykis, esant lėtiniam poveikiui. Taikoma apibūdinant nuodų kumuliacines savybes.

Specifinio/selektyviojo poveikio zona. Santykis tarp vienkartinio poveikio, nustatyto pagal integralius rodiklius, slenksčio ir ūmaus poveikio, nustatyto pagal specifinius (sistemų, organų, receptorių) rodiklius, slenksčio. Taikoma apibūdinant nuodų specifines savybes. Žymima simboliu Zsp.

Pramoninių nuodų poveikio kokybinei pusei apibūdinti, jų įtakos vienai ar kitai funkciniai organizmo sistemai vertinimo reikmėms siūlomos kelios klasifikacijos. Vieną iš jų siūloma taikyti pramoninių medžiagų mažiausios efektyviosios dozės ir koncentracijos lėtinio poveikio sąlygoms (4.1 lent.).

4.1. lentelė. Kenksmingųjų medžiagų pavojingumo klasės pagal poveikio tipą, esant žemiesiems poveikio lygiams.

Pavojingumo klasė	Poveikio rūšis
I	Medžiagos, darančios selektyvų poveikį, kuris pasireiškia praėjus labai ilgam laikotarpiui: blastomogenai, mutagenai, aterosklerozinės medžiagos, sukeliančios organų sklerozę (plaučių nepakankamumas, išsėtinė sklerozė ir kt.), gonadotropinės, embriotropinės medžiagos.
II	Medžiagos, veikiančios nervų sistemą: mėšlungį ir nervų paralyžių sukeliančios medžiagos, narkotikai, sukeliantys parenchiminių organų pažeidimą, narkotikai, sukeliantys gryną narkotinį efektą.
III	Medžiagos, veikiančios kraują: slopinančios kaulų čiulpų funkciją, sukeliančios hemoglobino pokyčius, hemolitikai.
IV	Dirginančios ir ėdžiosios medžiagos: dirginančios akių ir viršutinių kvėpavimo takų gleivinę, odą.

4.6. poskyris. Ekologinės rizikos vertinimas

Rizika, nagrinėjama atveju, yra tikimybinė charakteristika, apibūdinanti kylančią grėsmę aplinkai (ir žmogui), esant galimiems antropogeniniams poveikiams arba kitiems reiškiniais ar įvykiams. Ekologinės rizikos vertinimo sistemoje bet koks poveikis (cheminis veiksnys ar energetinis laukas), sukeliantis pokyčius biologinėse sistemose (tiek teigiamus, tiek neigiamus), vadinamas stresoriumi. Šia prasme, bet koks ekotoksikantas, be abejo, yra stresorius. Rizikos vertinimo koncepcija apima du elementus: rizikos vertinimą (*Risk Assessment*) ir rizikos valdymą (*Risk Management*).

Rizikos vertinimas – tai jos kilmės mokslinis tyrimas, įskaitant jos atskleidimą, pavojingumo laispio konkrečioje situacijoje nustatymą. Taikomojoje ekologijoje rizikos

samprata siejama su pavojaus šaltiniais ekologinėms sistemoms ir jose vykstantiems procesams. Ekologiniams žalos rodikliams (ekologinė rizika), šiuo atveju, priskiriama: biotos irimas, kenksmingasis, kartais negrįžtamasis poveikis ekosistemai, išorinės aplinkos kokybės pablogėjimas, susijęs su jos tarša, specifinių ligų atsiradimo tikimybės padidėjimas, žemių perleidimas, miškų, ežerų, upių, jūrų (pavyzdžiui, Aralo) žuvimas ir kt.

Rizikos valdymas – tai labiausiai rizikingos situacijos analizė, valdymo sprendimo kūrimas ir pagrindimas, paprastai, norminio akto, nukreipto į rizikos mažinimą, rizikos mažinimo būdų paiešką, pavidalu.

Rizikos teorijos vystymasis užtikrino principų, apibūdinančių visuomenės požiūrį į technogeninių objektų – ekologinio pavojaus šaltinių – funkcionavimo be avarių užtikrinimą, nuoseklų formavimąsi:

- nulinės rizikos principas atspindi įsitikinimą, kad rizika neiškils;
- nuoseklus priartėjimo prie absoliutaus saugumo, t. y. prie nulinės rizikos, principas numato tam tikrų alternatyvių struktūrų, technologijų ir kt. derinių tyrimą;
- mažiausios rizikos principas, kuriuo remiantis pavojaus lygis nustatomas toks žemas, kokį realiai galima pasiekti atsižvelgiant į bet kokių žmogaus saugumą užtikrinančių išlaidų pagrįstumą;
- subalansuotos rizikos principas, kuriuo remiantis atsižvelgiama į įvairius natūralius pavojus ir antropogeninius poveikius, įvertinamas kiekvieno įvykio ir sąlygos, kada žmonėms gali grėsti pavojus, rizikos laipsnis;
- priimtinos rizikos principas, kurio pagrindą sudaro išlaidų-rizikos, naudos-rizikos, išlaidų-naudos santykių analizė. Priimtinos rizikos koncepcija numato, kad visiškai išvengti rizikos arba beveik neįmanoma, arba ekonomiškai netikslinga. Atsižvelgiant į tai, nustatomas racionalusis saugumas, kada susidarius ypatingoms situacijoms, optimizuojamos rizikos išvengimo išlaidos ir žalos dydžiai.

Pirmasis rizikos vertinimo žingsnis (etapas) yra pavojaus identifikavimas – realaus pavojaus žmogui, aplinkai nustatymas. Šiuo atveju, svarbus vaidmuo tenka moksliniams tyrimams. Bandytas identifikuoti pavojų apima pavojaus signalų paiešką, tokio signalo išskyrimą iš bendrojo vaizdo.

Identifikuojant pavojų, yra svarbūs aprobavimo, atrankos (pavyzdžiui, įvairių preparatų), įvairių medžiagų elgsenos terpėje modeliavimo, stebėsenos ir diagnostikos (simptomų, poveikio pasekmių vertinimo) būdai. Visi vertinimo, diagnostikos ir prognozės klausimai priskirtini stebėsenos sistemai. Diagnostika prasideda nuo nukrypimų stebėjimo – pagal šiuos nukrypimus būtina tinkamai nustatyti „ligą“. Beveik visi stebėsenos metu gauti duomenys turi būti įvertinami ir didžioji dalis tokių vertinimų yra diagnostiniai.

Identifikuojant pavojų, pirmiausiai užduodams klausimas, kas yra pavojus, o išskiriant riziką – koks yra jos dydis, t. y. būtina nustatyti šio pavojingo reiškinių atsiradimo tikimybę ir nepalankių pasekmių tikimybę. Nustatant rizikos dydį, gali būti taikomas įžvalgumas, intuicija ir ekstrapoliacija. Nagrinėjant rizikos vertinimo procedūros etape analizė atliekama kokybiniame lygmenyje.

Antrasis etapas – ekspozicijos vertinimas, tai yra vertinimas, koku keliu ir pro kokią terpę, kokiame kiekybiniame lygmenyje, koku laiku ir kokiai poveikio trukmei esant, egzistuoja reali ir numatoma ekspozicija; taip pat tai apima gaunamų dozių vertinimą (jei įmanoma) ir asmenų, kurie veikiami šios ekspozicijos ir kuriems ji yra tikėtina, skaičiaus vertinimą.

Eksponuotosios populiacijos skaičius yra vienas iš svarbiausių veiksnių, sprendžiant apsaugos veiksmų prioriteto klausimą, kylantį naudojant rizikos vertinimo rezultatus „rizikos valdymo“ tikslais.

Idealiu atveju, ekspozicijos vertinimas remiasi faktiniais įvairių išorinės aplinkos komponentų (atmosferos oro, oro patalpų viduje, dirvožemio, geriamojo vandens, maisto produktų) taršos stebėsenos duomenimis. Tačiau neretai toks požiūris būna neįgyvendinamas dėl didelių išlaidų. Be to, jis ne visada suteikia galimybę įvertinti taršos ryšį su jos konkrečiu šaltiniu ir nėra pakankamas būsimajai ekspozicijai prognozuoti. Todėl dažniausiai taikomi įvairūs matematiniai, į atmosferą išmetamų teršalų išsisklaidymo, jų nusėdimo ant dirvožemio, teršalų difuzijos ir atskiedimo gruntiniuose vandenyse ir/arba atviruose vandens telkiniuose modeliai.

Trečiasis etapas – priklausomumo „dozė-efektas“ vertinimas – tai kiekybinių dėsningumų, siejančių gaunamą medžiagos dozę su vieno ar kito nepalankaus (sveikatai) efekto paplitimu, t. y. su jo išsivystymo tikimybe, paieška.

Tokie dėsningumai paprastai pasireiškia atliekant toksikologinius eksperimentus. Tačiau jų ekstrapoliacija nuo gyvūnų grupės žmonių populiacijai yra susijusi su daugybe neapibrėžtumų. Epidemiologiniais duomenimis pagrįstas priklausomumas „dozė-efektas“ yra patikimesnis, tačiau turi savo neapibrėžtumo zonų.

Priklausomumo „dozė-efektas“ vertinimo etapas labai skiriasi kancerogenų ir nekancerogenų atveju. Nekancerogeninių toksiškų medžiagų atveju, metodologija remiasi poveikio slenksčių koncepcija ir pripažįsta galimybę nustatyti taip vadinamą „referentinę dozę“ (RED) arba referentinę koncentraciją (RFC), kurių poveikis žmonių populiacijai, įskaitant jos jautrius pogrupius, nekelia jokių pastebimų žalingų efektų atsiradimo rizikos per visą gyvenimo laikotarpį. Analogiška samprata pateikiama PSO dokumentuose – „toleruojamasis patekimas į organizmą“ (*tolerable intake* – TI).

Įvertinant priklausomumą „dozė-efektas“ kancerogenams, kurių poveikis visuomet nagrinėjamas kaip neturintis slenksčio, pirmenybė teikiama taip vadinamam *linearizuotam*

daugiapakopiam modeliui. Šis modelis parinktas kaip pagrindas unifikuoto požiūrio į aukštųjų dozių ekstrapoliaciją žemosioms. Šiuo atveju, pagrindinis žmogaus sveikatos rizikos nustatymo parametras yra vadinamasis nuožulnumo veiksnys (*slope factor*), paprastai, šis veiksnys naudojamas 95 proc. kaip viršutinis pasikliautinis dozės-efekto kreivės intervalas. Nuožulnumo veiksnys išreiškiamas (mg/(kg·dieną))⁻¹ ir yra rizikos, tenkančios kancerogeno vienetai, matas. Pavyzdžiui, jeigu kas nors kasdien per visą gyvenimą yra veikiamas kancerogeno, kurio dozė 0,02 (mg/(kg·dieną))⁻¹, tai pridėtinės rizikos, gaunamos dozę dauginant iš nuožulnumo veiksnio, vertė yra 4×10^{-5} . Kitaip tariant, pripažįstama keturių papildomų vėžio išsivystymo atvejų 100 000 individų, veikiamų tokio lygio ekspozicijos, tikimybė.

Baigiamasis rizikos vertinimo procedūros etapas – rizikos apibūdinimas – yra ankstesnių etapų rezultatas ir apima galimų ir nustatytų nepalankių efektų žmogaus sveikatos būklėje vertinimą, kancerogeninių efektų rizikos vertinimą, bendrų toksinių efektų vystymosi pavojaus koeficiento nustatymą, su vertinimu susijusių neapibrėžtumų tyrimą ir apibūdinimą bei visos rizikos vertinimo informacijos apibendrinimą.

Rizikos dydis nustatomas kaip žalos dydžio I ir šią žalą sukeliančio įvykio *i* tikimybės W sandauga:

$$R = I \times W_i.$$

Kadangi rizikos vertinimo procedūrai būdingas sudėtingumas ir tam tikras neapibrėžtumas, tyrimų standartizavimo reikmėms JAV aplinkos apsaugos agentūra (EPA) sukūrė ir patvirtino tokių darbų atlikimo planą. Jame aprašomas uždavinio sprendimo nuoseklumas, neapibrėžtumų ir paklaidų apskaita, siekiant gauti tam tikru laipsniu unifikuotą apytikslią informaciją apie nepalankių ekologinių efektų išsivystymo tikimybę.

Pagal šį planą ekologinės rizikos vertinimas apima toliau išvardytus etapus:

1. Problemos formulavimas ir situacijos analizės plano kūrimas.
2. Ekologinės situacijos analizė.
3. Duomenų dorojimas, išvadų formavimas ir medžiagų pateikimas užsakovui.

Paprastai, ekologinės rizikos vertinimas vykdomas kaip užsakomasis tyrimas, atliekamas, siekiant gauti perspektyviąją ar retrospektyviąją informaciją, reikalingą užsakovui (įstatymų leidžiamosios, valdymo struktūros ir kt.) administracinių sprendimų priėmimo reikmėms. Todėl, skirtingai nei moksliniai ekotoksikologiniai tyrimai (kurių metu nagrinėjami objektyvieji biocenozės reakcijų į stresoriaus poveikį dėsninukai), nustatant ekotoksinę riziką, aplinkos objektų (kuriuos reikia iširti ir apsaugoti) vaidmenį gali atlikti biosistemos charakteristikos, turinčios antropocentrinę reikšmę, o kartais ir atskiri žmogų supančios gamtos elementai, visuomenės subjektyviai suvokiami kaip labai svarbūs.

Ekologinės rizikos vertinimo metodologija iki galo neištirta. Daugeliu atvejų jos išvados yra kokybinio, aprašomojo pobūdžio. Bandymai įdiegti kiekybinio vertinimo metodus susiduria su rimtais sunkumais. Tai lemia ekosistemų sudėtingumas, stresorių (ne tik cheminio, bet ir fizikinio bei biologinio pobūdžio) poveikio aplinkai kompleksiskumas, didžiulio kiekio žmogaus naudojamų ksenobiotikų ekotoksinio pavojingumo charakteristikų nepakankamas tyrimas ir kt.

4.7. poskyris. Potencialių toksinių medžiagų atsiradimo aplinkoje šaltiniai

PSO duomenimis (1992), bioprieinamų ksenobiotikų kategorijai priskiriama: vėjo pernešamos dulkių dalelės, jūros druskos aerozoliai, ugnikalnių veikla, miško gaisrai, biogeninės dalelės, lakiosios biogeninės medžiagos.

Pagrindiniai potencialių toksinių medžiagų srautai atsiranda dėl žmogaus vykdomos įvairios ūkinės veiklos. Biosferos cheminės taršos šaltiniais tapo beveik visos pramonės įmonės, transportas, visi daugiau ar mažiau stambūs gyvenamieji punktai, poilsio (reakreacijos) zonos, stambūs gyvulininkystės kompleksai, ariamąja žeme užimtos teritorijos (4.2 lent.). Didžiausia dalis atliekų susidaro miestuose, kuriuose gyvena didžioji pasaulio gyventojų dalis ir sukaupia didžioji įvairios gamybos dalis. Antropogeniniai medžiagos srautai, susidarantys miesto gyventojams vykdant gamybos veiklą, yra labai įvairūs, juose yra aukšta cheminių ir toksinių elementų koncentracija. Patekdami į gamtinius migravimo ciklus, antropogeniniai srautai sukelia greitą teršalų plitimą miesto kraštovaizdžio komponentuose, kur neišvengiama jų sąveika su žmogumi.

Didelę įtaką aplinkos taršos procesui turi kariniai veiksmai. Antrojo pasaulinio karo metu mūšio lauke buvo sandėliuojami tūkstančiai tonų metalų. Dėl, palyginti, nedidelės NATO karinės operacijos Jugoslavijoje, 1999 m. padidėjo tokių toksinių elementų kaip švinas (Pb), kadmio (Cd), arsenas (As) ir gyvsidabris (Hg) naudojimas dėl oro, vandens ir dervų taršos Serbijoje ir netinkamos importuojamų ar humanitariniais tikslais gautų maisto produktų kokybės. Suminį ginkluotųjų pajėgų efektą aplinkai taikos laikais galima palyginti su vienos iš vidutinio masto pramonės šakų poveikiu (apie 4 % bendrojo teršalų išleidimo ir 1,2 % teršalų išmetimo į atmosferą).

4.2. lentelė. Bendrasis teršalų šaltinių pobūdis ir jų ryšys su įvairiomis antropogeninės veiklos rūšimis.

Veiklos rūšis	Bendras taršos tipas	Taršos objektai	Šaltinio tipas	Teršalų patekimo režimas
Naudingųjų	Ryškiai dominuoja mineralinis –	Dirvožemis,	Taškinis	Nuolatinis

iškasenų gavyba	nuotekų pavidalu (šachtų ir rūdynų vandenys, sodrinimo procesų nuotekos) bei kietųjų atliekų pavidalu (šlamai, uolienuų sąvartynai)	vanduo		
Skystųjų degiųjų naudingųjų iškasenų gavyba	Dominuoja organinis – nuotekų pavidalu (naftos nuotėkis) ir išmetamųjų teršalų pavidalu (dujinių angliavandenilių nuotėkis), mažesne apimtimi – mineralinis mineralizuotų naftos vandenų pavidalu	Dirvožemis, vanduo, oras	–	Nuolatinis ir spontaninis (katastrofų ir išsiliejimo metu)
Energijos gamyba	Dominuoja mineralinis išmetamųjų teršalų pavidalu (dujiniai degimo produktai ir pelenai) ir mažesne apimtimi – kietųjų atliekų (pelenų ir šlakų saugyklos), nuotekų (aušinamasis vanduo) pavidalu	Oras, vanduo, dirvožemis	–	Nuolatinis
Pramonės gamyba	Lygiai mineralinis ir organinis, dažnai mišrus kietųjų atliekų pavidalu (šlakai, nuotekų valyklų nuosėdos, dulkės, brokuota produkcija, žaliavų atliekos po naudingųjų komponentų naudojimo ir kt.), skystųjų atliekų (ypač pavojingų toksinių medžiagų panaudoti tirpalai), išmetamųjų teršalų (degių ir toksinių medžiagų gamybos išmetami centralizuoti garų, dulkių, dujų teršalai, vietinio gamybinių patalpų vėdinimo išmetamieji neorganizuoti oro ir dulkių pobūdžio teršalai), nuotekų pavidalu (plovimo skysčiai, panaudoti tirpalai, sąlyginai švarūs vandenys iš nuotekų valyklų).	Oras, vanduo, dirvožemis	Taškinis kiekvienam objektui; plotinis didelėms pramonės zonoms, kada teršalai išmetami dideliu atstumu, o nuotekos patenka į regioninės reikšmės vandens tėkmę	Spontaninis arba ciklinis – atskiroms įmonėms, nuolatinis – pramonės zonoms
Komunalinis ūkis	Lygiai mineralinis ar organinis – nuotekų pavidalu (buitinių nuotekų tinklai, kurie paprastai priima didelę dalį pramoninio ir lietaus vandens) ir kietųjų atliekų (buitinės ir statybinės šiukšlės), mažiau – išmetamųjų teršalų pavidalu (atviras ir pramoninis šiukšlių deginimas).	Oras, vanduo, dirvožemis	Taškinis	Nuolatinis
Pernaša	Dominuoja mineralinis – išmetamųjų teršalų pavidalu (dujiniai degimo produktai su	Oras, mažiau – dirvožemis	Linijinis	Ciklinis

	aerolinių dalelių priemaišomis), mažiau – organinis – nuotekų pavidalu (plovimo vanduo su angliavandeniliais)			
Žemdirbystė	Dominuoja mineralinis (trąšos), mažiau – organinis-mineralinis (nuodingieji chemikalai)	Dirvožemis, augalai	Plotinis	Ciklinis
Gyvulininkystė	Dominuoja organinis nuotekų pavidalu	Vanduo, dirvožemis	Taškinis	Nuolatinis

Iš technogeninių organizmų gyvenamosios terpės pokyčių didžiausią nerimą kelia jos užterštumas pramoninėmis ir buitinėmis atliekomis. Didžiausią pavojų kelia įvairios toksinės medžiagos iš pramoninių atliekų kategorijos (panaudoti formavimo mišiniai, skalūnų perdirbimo atliekos, naftos šlamai, galvaniniai šlamai, naftos atliekos ir pan.).

4.8. poskyris. Toksinių medžiagų patekimas į organizmą ir jų transformacijos. Aplinkos veiksnių ir organizmo savybių įtaka toksinio efekto laipsniui

4.8.1. poskyris. Mikroelementai ekosistemose

Biosferą teršiančiomis medžiagomis gali tapti beveik visų D. I. Mendelejevo periodinės sistemos elementų junginiai. Tiriant užterštumą mineralinėmis medžiagomis, paprastai analizuojami atskiri cheminiai elementai, o ne jų junginiai. Be to, kalbant apie mikroelementus, nuo XX a. 60-ųjų metų pradžios labai plačiai vartojamas terminas „sunkieji metalai“ arba „toksiniai metalai“, literatūroje anglų kalba šie metalai taip pat vadinami „pėdsakiniais“ (*trace metals*). Jiems yra būdingas aukštas toksiškumas, mutageninis ir kancerogeninis efektai. Terminas „sunkieji metalai“ dažniausiai vartojamas, kai kalbama apie pavojingus didesnės kaip 40 atominės masės metalų koncentracijos lygius.

Terminas „mikroelementas“ neturi griežtos reikšmės. Terminas „mikroelementai“ suprantamas kaip visi cheminiai elementai, kurių koncentracija gyvuosiuose organizmuose ir gamtinėje aplinkoje neviršija 0,01 %. Bet kokiam mikroelementui (esant tam tikram jo lygiui) būdingas gyvųjų organizmų toksiškumas.

Pagal pavojingumo laipsnį, cheminiai elementai skirstomi į tris klases (GOST 17.4.1.02-83):

1. As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F.
2. B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr.

3. Ba, V, W, Mn, Sr.

Visų rūšių teršalų (paskleidžiamų dulkių, kietųjų atliekų, nuotekų) šaltiniuose yra didelė polielementinės sudėties teršalų grupė. Cheminių elementų derinys apibūdina specifinius individualiuosius taršos šaltinių ypatumus. Aplinka teršiama dėl taršos šaltinių generuojamų teršalų migracijos. Geocheminė migracija – tai neatsiejamas procesų, sukeliančių cheminių elementų perskirstymą gamtiniuose kūnuose, kompleksas.

Pagrindinis geocheminis išorinės aplinkos kokybės matas yra cheminių elementų kiekis: cheminių elementų masės dalis (mkg/g, mg/kg, g/t arba %) arba tūrinė koncentracija – cheminio elemento masė tūrio vienetu (mkg/l, mg/l, g/m³).

Kiekviena migracinė gamtinė sistema vienu metu yra pernešamoji ir talpinamoji terpė. Dėl geocheminės migracijos gali vykti tiek cheminių elementų sklidimas, tiek ir jų koncentravimas. Cheminių elementų sklidimo procesą lemia jų atskiedimas arba nusodinimas iš pernešamųjų srautų. Koncentravimo procesas vyksta tada, kai dėl vieno ar kitų fizikinių arba cheminių priežasčių, viso pernešamojo srauto greitis arba tam tikrų srautų sudarančių dalelių judėjimo greitis staigiai sumažėja. Tokie ruožai yra geocheminiai barjerai. Visa sistema nuo elementų tiekimo šaltinio iki geocheminio barjero gali būti vadinama migraciniu srautu arba užteršiamosios medžiagos sklidimo grandine.

Gamtinė aplinka, kurioje kaupiasi teršalai (dirvožemiai, augalinė danga, sniego danga, dugninės nuogulos), yra deponuojančioji. Judėjimas vyksta pernešamosiose terpėse vandens migraciniuose ir oro migraciniuose srautuose bei augalams biologiškai sugeriant elementus toliau po gyvųjų organizmų mitybos grandines. Pernešamosios terpės yra pagrindinė gamtinė gyvųjų organizmų gyvybinę veiklą užtikrinanti aplinka. Antropogenezėje cheminių elementų sklidimas gali vykti ir techninėmis priemonėmis (vežimai automobiliais ir geležinkelio transportu, oro transportu ir kt.). Vykstant migracijos procesui, cheminiai elementai pasiskirsto tarp gamtinių kūnų.

Migracijos intensyvumas apibūdinamas cheminių elementų apykaitos, perskirstymo tarp gamtinės aplinkos komponentų greičiu. Jis priklauso nuo fizikinių, fizikinių-cheminių ir biologinių gamtinių sistemų savybių. Galiausiai, migracijos intensyvumas priklauso nuo kraštovaizdinių-geocheminių sąlygų, t. y. nuo konkrečios teritorijos hidrometeorologinės, litologinės-geocheminės ir dirvožemio bei botaninės charakteristikos. Kiekybiškai migracijos intensyvumas gali būti išreikštas tam tikru indeksu arba koeficientu, t. y. santykiniu rodikliu, kuriuo palyginamas cheminių elementų kiekis arba jų tūrinė koncentracija fiksuojamajame stebėjime, masėje ar momente su tokia pačia gamtos objekto, laikomo baziniu, būseną (pradinė būseną – iki geocheminės transformacijos pradžios). Taikomųjų geocheminių tyrimų atveju baziniu kiekiu dažniausiai laikomas foninis kiekis. Foninis kiekis – vidutinis cheminių elementų

gamtiniuose kūnuose kiekis, remiantis jų natūraliosios variacijos tyrimo duomenimis (statistiniais pasiskirstymo parametrais). **Geocheminis fonas** – vietinė, lokali samprata – cheminių elementų kiekio gamtinės variacijos vidurkis. Koncentracijos koeficientai, apskaičiuoti geocheminio fono atžvilgiu, vadinami **anomalumo (kontrastiškumo) koeficientais**. Koncentracijos koeficientai, apskaičiuoti vidutinio cheminio elemento kiekio litosferoje (**klarko**), tam tikroje geocheminėje sistemoje (dirvoje, kalnų uolienose, augaluose it kt.) arba jos taksonominėje dalyje (dirvožemio rūšyje, kalnų uolėnų rūšyje ir kt.) atžvilgiu, vadinami koncentracijos klarkais.

Cheminiams elementams migruojant gamtiniais pernešimo kanalais, išorinėje aplinkoje atsiranda geocheminės anomalijos.

Geocheminė anomalija – teritorijos ruožas, kurio ribose, bent viename iš jų sudarančių gamtinių kūnų, cheminių elementų pasiskirstymo statistiniai parametrai patikimai skiriasi nuo geocheminio fono.

Geocheminių anomalijų atsiradimas visada yra susijęs su vienais ar kitais gamtiniais ir negamtiniais poveikio šaltiniais, kurie nėra būtinas šios rūšies geologinės struktūros arba kraštovaizdžio komponentas. Antropogeninių poveikio šaltinių atveju atsiranda **antropogeninės geocheminės anomalijos**.

Technogeninės geocheminės anomalijos ir taršos zonos – sąvokos, plačiai vartojamos gamtos apsaugos literatūroje (jos nėra sinonimai). Kaip taršos zona, paprastai suprantama dalis geocheminės anomalijos, kada teršalai pasiekia koncentraciją, darančią nepalankią įtaką gyviesiems organizmams. Cheminiai elementai ore ir vandenyje migruoja dvejų pagrindinių formų – ištirpusios ir suspenduotos – grupių pavidalu.

Vandens srautuose daugybė cheminių elementų dažniausiai migruoja suspenduotos formos pavidalu. Todėl vertinant vandens sistemų taršą, didelę reikšmę įgyja vandens drumstumas. Bendra ištirpusios formos cheminių elementų koncentracija taršos sąlygomis pirmiausiai apibūdinama pagal laipsnį ir sąveiką „vandens – biotos – kietosios medžiagos“ sistemoje.

Cheminiai elementai, susiję su suspenduota medžiaga, gali egzistuoti geochemiškai judrių formų pavidalu (t. y. jie gali gana lengvai transformuotis besikeičiant aplinkos sąlygoms) – sorbuoti, susiję su organine medžiaga, geležies ir mangano hidroksidų; bei nejudrių formų – sulfidų, silikatų, esančių nesuirusių atlaužų ir molių mineralų (kristalinė forma) – pavidalu.

Analizuojant technogeninės anomalijos atsiradimo ypatumus, dėl kritulių, iškrentančių iš atmosferos, taip pat labai svarbu turėti supratimą apie cheminių elementų buvimo formas, o pirmiausiai – apie ištirpusių ir suspenduotų formų santykį. Beveik visų ištirtų cheminių elementų atveju nustatyta, kad sąlyginai tolimose ir, palyginti, švariose teritorijose krituliuose,

iškrentančiuose iš atmosferos, dominuoja tirpiosios formos. Šalia išmetamųjų teršalų šaltinių, didėjant bendrajai iškrentančių dulkių masei ir elementų jose koncentracijos lygiui, staigiai mažėja dalis tirpių formų (išskyrus Cd).

Su iškrentančiais krituliais fiksuojama tik 20–30 % išmetamųjų teršalų masės. Likusi išmetimo dalis išsisklaido, patekdama į regioninius ir globalinius migracinius ciklus ir kurdama „foninę“ taršą. Dažniausia kritulių iškritimo centro vieta siejama su išmetamųjų teršalų šaltiniu. Sklidimo srautų morfologiją urbanizuotose zonose ir cheminių elementų pasiskirstymo bei jų asociacijų ypatumus lemia, visų pirma, kritulių iš atmosferos erdvės pasiskirstymo ant žemės paviršiaus dėsningumai.

Elementai, patenkantys su krituliais iš atmosferos, koncentruojasi viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (0–20 cm ir 0–40 cm). Dėl technogeninių kritulių ir dirvos akumuliacijos, pradeda transformuotis sunkiųjų metalų junginiai ir dirvos horizontuose atsiranda naujų metalo organinių junginių, kurių nebuvo iki technogeninės taršos.

Cheminių elementų technogeninių srautų lokalizacija ir intensyvumas lemia technogeninių geocheminių anomalijų ir įvairaus ekologinės įtampos laipsnio biogeocheminių provincijų formavimąsi.

Veikiant technogeniniams krituliams, vyksta dirvožemių derlingumo degradavimas. Paviršiniuose dirvos horizontuose, pramonės mazgų rajonuose mikroelementų, taip pat ir sunkiųjų metalų, kiekis didėja dešimčia ir šimtą kartų foninės koncentracijos atžvilgiu, o užteršti dirvožemiai patys tampa aplinkos taršos šaltiniais. Todėl tokiose pramoninėse teritorijose atsiranda technogeninės biogeocheminės mikroprovincijos, kuriose fiksuojamas anomaliai aukštas mikroelementų kiekis. Galų gale, stipriai keičiasi dirvožemių sudėtis ir savybės, net iki visiškai gamtinės augalijos išnykimo jų paviršiuje. Tokiuose dirvožemiuose kultūriniai augalai taip stipriai keičia savo sudėtį, kad tampa netinkamais žmonių ir gyvūnų mitybos reikmėms.

Dirvožemių cheminis užterštumas sunkiaisiais metalais – tai pavojingiausia dirvožemio dangos degradavimo rūšis, kadangi dirvožemių gebėjimas savaime išsivalyti nuo sunkiųjų metalų yra minimalus, dirvožemiai stipriai juos akumuliuoja, šį procesą skatina organinė medžiaga. Todėl dirvožemis tampa vienu iš svarbiausių geocheminių barjerų daugumos toksikantų migravimo iš atmosferos kelyje į gruntinius bei paviršinius vandenis.

Kadangi didžiojoje dalyje urbanizuotų teritorijų antropogeninis poveikis dominuoja prieš natūralius dirvodaros veiksnius, miestuose mes turime specifines dirvožemių rūšis, kuriems yra būdingas aukštas užterštumo lygis. Dažnai pasireiškiant cheminės taršos procesams, dirvožemis visiškai netenka produktyvumo ir gebėjimo biologiškai išsivalyti, tai sukelia jo ekologinių funkcijų sutrikimą.

Cheminių teršalų migravimo dirvožemiuose procesus lemia keli veiksniai, kurių svairbiausi yra oksidacinės-redukcinės ir rūgštinės-bazinės dirvožemių savybės, organinės medžiagos juose kiekis, granulimetrinė sudėtis bei regiono vandens-šilumos režimas ir geocheminis fonas.

Augalai paima cheminius elementus, todėl jie įtraukiami į ypatingą judėjimo formą – biologinę migraciją. Atsižvelgiant į nevienodą įvairių elementų fiziologinę reikšmę, galima suponuoti, kad skirtingų elementų įtraukimas į šį procesą nėra vienodas. B. B. Polynovas pasiūlė apibūdinti cheminio elemento biologinės sugerties intensyvumą jo kiekio pelenuose, liekančiuose sudeginus organizmą, kalno uolienose dalybos dalmeniu. A. I. Perelmanas (1975) pavadino šį parametą biologinės sugerties koeficientu K_b . Taip, pavyzdžiui, apskaičiavimai parodo, kad augalai akumuliuoja molibdeną dešimčia kartų intensyviau, negu titaną.

Pagal biologinės sugerties intensyvumą, visi elementai gali būti skirstomi į dvi grupes. Prie pirmosios priskiriami elementai, kurių koncentracija pelenuose yra didesnė nei Žemės žievėje. Ypač aktyviai sugeriami boras, bromas, jodas, cinkas ir sidabras ($K_b > 10$). Antrajai grupei priskiriami elementai, kurių sugerties intensyvumas yra žemas – $K_b < 1$. Kai kurie iš jų yra Žemės žievėje, dažniausiai augalams sunkiai pasiekiamų formų pavidalu (galis, cirkonis, titanas, itris, lantanas), kiti yra toksiški, todėl sugeriami ribotai (fluoras, uranas).

Cheminių elementų biologinės sugerties intensyvumas nepriklauso nuo jų kiekio Žemės žievėje. Cirkonio yra šiek tiek daugiau žemynų granitinių uolienų sluoksnyje, negu cinko, tačiau cirkonio biologinės sugerties intensyvumas yra 13 kartų mažesnis. Priežastis – jo silpnas dalyvavimas biologiniuose procesuose ir augalams sunkiai pasiekiamų formų persvara. Tikriausiai, sausumos augalų globalūs geocheminiai dėsniumai turi gilų fiziologinį ir evoliucinį pagrindimą.

Augalų užtikrinamas cheminių elementų sugėrimas – dažniausiai organizmo reguliuojamas procesas, priklausomai nuo skirtingų rūšių ląstelių apvalkalų sandaros pobūdžio ir cheminės sudėties, – sudaro tik 2–3 % visos įsisavintų mineralinių elementų masės. Tačiau augalas reguliuoja elementų sugėrimą tik maitinimosi iš žemos mineralinių medžiagų koncentracijos subalansuotų tirpalų atveju. Didėjant koncentracijai, reguliavimo procesai stipriai slopinami, dėl to augaliniame organizme intensyviai kaupiasi elementai.

Didėjant taršos lygiui, toksikantų inaktyvinimas dirvožemyje tampa neveiksmingas ir jonų srautas pradeda atakuoti šaknis. Augalas sugeba transformuoti dalį jonų į mažiau aktyvią būseną dar prieš jiems patenkant į šaknis: chelatuoti (surišti) šaknų išskyromis ir adsorbuoti viršutiniame šaknų paviršiuje. Ir vis dėlto didelis toksikantų kiekis patenka į šaknis, kuriose iš dalies adsorbuojasi ant sienelių. Jeigu šaknies ląstelėse esančių jonų kiekis viršija leistiną lygį, suveikia dar vienas apsaugos mechanizmas, nukreipiantis perteklių į vakuoles. Elementams

judant augalo vaskuliariniais audiniais, jie sugeriami šių audinių sienelių ir užkompleksuojami ląstelių sultyse esančių organinių junginių. Tam, kad elementas galėtų patekti į ląstelę, jam reikia įveikti ląstelės membraną, tai yra pagal analogiją su šaknimis čia veikia selektyviosios sugerties mechanizmas.

Be sunkiųjų metalų patekimo į augalą pro šaknis iš užteršto dirvožemio, yra dar vienas kelias – dujose, dulkėse ir arezoliuose esančių metalų sugėrimas pro lapų paviršių.

Didėjant į gamtines aplinkas patenkančių cheminių elementų kiekiui, gali keistis gyvų organizmų cheminė sudėtis. Migrudami mitybos grandinėmis, mikroelementai gali kauptis augalinių ir gyvulinių organizmų organuose bei audiniuose toksinėmis koncentracijomis. Į šią aplinką būtina atsižvelgti, kadangi galutinė trofinės grandinės grandis yra žmogus. Žemės ūkio produkcija ir verslo objektai, kuriuose viršijamas mikroelementų *didžiausios leistinos koncentracijos (DLK)* lygis, gali kelti pavojų žmogaus sveikatai, naudojant juos mitybos reikmėms ir kaip medicinos preparatų gamybos žaliavas.

Gyvsidabris – tai vienintelis metalas, kuris įprastomis sąlygomis yra skystos būsenos ir intensyviai išskiria garus. Iš neorganinių gyvsidabrio junginių pavojingiausi yra metalinis gyvsidabris, išskiriami garai ir gerai tirpios gyvsidabrio druskos. Dvivalenčio gyvsidabrio junginiai yra toksiškesni už vienvalenčius junginius.

1972 metais S. Jensen ir A. Jermelov išsakė prielaidą apie dviejų skirtingų gyvsidabrio apytakos ratų egzistavimą aplinkoje – globaliojo (apimančio gyvsidabrio garų cirkuliaciją atmosferoje) ir vietinio (kurio pagrindą sudaro spėjama lakiųjų dimetilgyvsidabrio junginių cirkuliacija). Pagrindinė į globalųjį apytakos ratą įtraukiamo gyvsidabrio dalis priklauso gyvsidabriui, dažniausiai patenkančiam dėl technogeninės veiklos.

Manoma, kad pagrindinis gamtinis gyvsidabrio šaltinis yra bendra Žemės žievės ir vandenyno degazacija (labai apytikslio vertinimo duomenimis – 8–10 tūkst. t/metus). Gyvsidabris seniai žinomas kaip nuodai. Lengvais apsinuodijimo atvejais gyvsidabris sukelia nemigą, nesugebėjimą suvokti kritikos, baimę, galvos skausmus, depresiją ir neadekvačias emocines reakcijas. Nė vienas žinomas biologinis toksikantas neištirtas taip gerai kaip gyvsidabris, kalbant apie jo cirkuliaciją mitybos grandinėse ir nuo jo priklausantį pavojų žmonėms ir gyvūnams. Šis teiginys, visų pirma, taikomas metilgyvsidabriui, kuris yra labai efektyvus fungicidas, tačiau tuo pačiu metu jis labai toksiškas šiltakraujams gyvūnams ir yra stabilus.

Turimais duomenimis, šiuo metu pavojingiausios, kritinės situacijos, susijusios su gyvsidabrio tarša, pasireiškia dėl jo patekimo į vandens ekosistemas. Apie tai liudija plačiai žinomi įvykiai Japonijoje, Švedijoje, Šiaurės Amerikoje.

Mokslininkų vertinimo duomenimis, chloro ir kaustinės sodos gaminimo įmonės JAV iki XX amžiaus septyniasdešimtųjų metų pradžios išleisdavo į nuotekas nuo 100 iki 200 g gyvsidabrio kiekvienai pagamintos kaustinės sodos tonai. Šiuo metu įstatymai griežtai draudžia išleisti gyvsidabrį kartu su pramoninėmis nuotekomis. Tačiau tose vietose, kuriose anksčiau gyvsidabris buvo išleidžiamas į aplinką, pavyzdžiui, gaminant popierių ir kaustinę sodą, gyvsidabris dugno dumble iki šiol teršia vandenį ir jame gyvenančius organizmus. Daugybėje JAV valstijų ribojama žvejyba, nes žuvyse kaupiasi gyvsidabris, išleistas su nuotekomis į vandenį prieš daug metų.

Gyvsidabrį akumuliuoja planktono organizmai (pavyzdžiui, dumbliai), kuriais minta vėžiagyviai. Vėžiagyvius suėda žuvis, o žuvis – paukščiai. Švedijoje metilgyvsidabrio kiekis paukščių, mintančių žuvimis, organizme priartėjo prie lygio, kuriame grūdais mintantys sausumos paukščiai jau žūdavo dėl gyvsidabrio, gauto suėdus sėjamuosius grūdus (Švedijoje 1940-aisiais metais grūdai buvo beicuojami metilgyvsidabrio cianamidu), poveikio.

Vandens mitybos grandinėje metilgyvsidabrio koncentracija didėja iš grandies į grandį. Kadangi gyvsidabris tirpsta riebaluose, jis lengvai pereina iš vandens į vandens organizmus. Didesnėms gyvoms būtybėms užpuolant mažesnes, kurios yra jų maistas, ši medžiaga išsilaiko pirmosiose. Kadangi jos pusėjimo trukmė (ypač žemo medžiagų apykaitos lygio organizmuose) yra nepaprastai ilga (žmogaus organizme – 70 dienų), nuodai neišsiskiria, o atvirkščiai – kaupiasi organizme. Ypač kenčia nuo to jūriniai žinduoliai, nes minta žuvimis.

Nepriklausomai nuo gyvsidabrio patekimo į vandenį kelio, mikroorganizmai metilina jį, o vykstant šiam procesui, visada susidaro metilgyvsidabris. Šis junginys yra tirpus riebaluose (kaip jau minėjome), nepaprastai nuodingas ir stabilus.

Švinas. Jau daugiau kaip 2 tūkst. metų žmonija žino kokį pavojų kelia šio švinas ir jo gaminių naudojimas. Šiuo metu švinas yra naudojamas akumulatoriuose, kabelių, dažų, stiklo, tepalų, benzino, apsauginių priemonių nuo spinduliuotės ir kt. gamyboje. Jau dabar sukauptas didžiulis kiekis duomenų apie švino toksišią poveikį gyviesiems organizmams, apie šio elemento elgseną gamtinėje aplinkoje.

Švino taršą aplinkoje paprastai lemia keturios ūkinės veiklos rūšys: 1) skystojo ir kietojo kuro deginimas, kurį lydi išmetimai į atmosferą; 2) su švino lydymu susijusi gamyba, kurios metu taip pat į atmosferą išmetamas švinas; 3) nuotekų, kuriose yra padidintas švino kiekis, išleidimas; 4) dirvožemio tręšimas chemikalais. Įkvėpiant orą, kurio sudėtyje yra švino, ne mažiau nei 15 % jo patenka į kraują. Gerokai mažesne apimtimi švinas kaupiasi blužnyje, kepenyse, inkstuose, galvos smegenyse ir kituose organuose. Švinas yra protoplazminiai nuodai, veikiantys visus organizmo organus ir sistemas. Žmogui toksišė švino dozė yra 1 mg, mirtina (letalinė) – 10 g.

Pagrindinis švino patekimo į žmogaus organizmą šaltinis yra maisto produktai, todėl maistinių ir pašarinių kultūrų technogeninė švino tarša kelia pavojų. Svarbų vaidmenį atlieka švino patekimas į žmogaus organizmą per dirvožemį, dulkes, geriamuoju vandeniu ir įkvepiamu oru. Daugybės tyrimų duomenimis, pramonės atžvilgiu, išsivysčiusiuose miestuose didėjant taršos lygiui, didėja švino (lygiai taip pat kaip ir kitų elementų) variabilumas dirvožemiuose, keičiasi augalų cheminė sudėtis.

Technogeninis poveikis dirvožemiui ir augalų dangai reikšmingai keičia švino biologinės apytakos rato parametrus. Aplink pramonės įmones ir automobilių kelius augalai sugeria šviną ne tik iš dirvožemio pro šaknų sistemą, bet ir iš atmosferos pro lapų paviršių. Švino turinčios dujos ir dulkės gali mechaniškai nusėsti ant lapų plokštelių ir patekti į audinių vidų. Apytiksliai apskaičiavimai parodo, kad esant ekstremalioms sąlygoms tokiu keliu į augalus gali patekti iki pusės jame esančio švino. Atliekant tyrimus nustatyta, kad anomalių taršos arealų zonoje daugybėje žemės ūkio kultūrų yra švino, kurio koncentracija keliais kartais viršija DLK.

Kadmis. Tarp visų toksiškų ir ypač toksiškų D. I. Mendelejevo lentelės elementų, pagal taršos tempą ir mastą, kadmis tapo vienu iš pagrindinių planetos teršalų. Sukaupus didžiulį kiekį toksikologijos duomenų, kadmis buvo pripažintas ypač pavojingu žmogaus sveikatai ekotoksikantu. Tai lemia žemų kadmio junginių dozių toksinių efektų pasireiškimas, ilga pusėjimo trukmė – 30 metų, žemas koncentracijos organizmo išskyrose lygis, kaupimasis daugiausiai minkštuose audiniuose, inkstuose ir kepenyse. Spėjama, kad kadmio metabolinis aktyvumas yra didesnis nei gyvsidabrio.

Susidomėjimas kadmiu staigiai padidėjo, kai buvo nustatytos neigiamos biologinės pasekmės, šiam elementui patekus į aplinką. 1960-aisiais metais, kada Japonijoje pasireiškė *itai-itai* ligos protrūkis, buvo nustatyta, kad kadmio patekimas į maistą yra labai pavojingas. Liga prasideda nugaros ir inkstų skausmais ir baigiasi griaučių deformacija, daugybiniais kaulų lūžiais ir žiauriomis kančiomis, kurias sukelia kūno masės spaudimas į kaulus. Tragedija pasireiškė dėl ilgalaikio ryžių laukų laistymo kadmio turinčiomis pramoninėmis atliekomis.

Remiantis MŽŪO/PSO rekomendacijomis, kadmio leistina paros dozė žmogui yra 0,4–0,5 mg.

Pagal savo kilmę būdamas elementu, kuris nesugeba dideliais kiekiais akumuliuotis geosistemose (jo klarkas litosferoje yra 0,13 mg/kg), kadmis dėl žmogaus poveikio tapo elementu, kuris akumuliuojasi miesto erdvėje.

Tol, kol besivystantis miestas neimportuoja Cd ir nepažeidžia natūralių geocheminių procesų pusiausvyros, jo geochemija bus artima gamtinei.

Į aplinką kadmis patenka per orą ir vandenį, vykdam žaliavų gavybą, pramoninį perdirbimą, deginant kurą ir buitines atliekas, su galvaninių cechų ir sidabro-kadmio

akumuliatorių gamyklų nuotekomis, susidėvint daiktams, kuriuose yra kadmio. Tačiau staigus kadmio kiekio ore didėjimas stebimas tik šalia kadmio lydymo įmonių. Visame pasaulyje į aplinką kasmet išmetama apie 5 tūkst. t Cd, nepaisant to, kad pasaulinė šio metalo gavyba sudaro 15 tūkst. t/metus.

Kadmis, lygiai taip pat kaip ir gyvsidabris, sudaro ypač toksiškas lakiąsias alkilizuotas formas. Iš visų sunkiųjų metalų, kadmio aerolinės akumuliacijos koeficientas yra didžiausias – didesnis kaip 100.

Selenas. Daug metų tiriant toksiškų elementų kiekį aplinkoje ir biotoje, tyrinėtojų dėmesys buvo sutelktas į sunkiuosius metalus, kurių sąrašas tradiciškai prasidėdavo nuo Hg, Pb, Cd, o seleno koncentracijų ekosistemų, ypač jūrinių, komponentuose lygis likdavo beveik nežinomas.

Naujų duomenų apie seleno biologinę reikšmę ir jo toksines savybes atsiradimas lemia būtinybę tirti šį elementą ne tik gyvuosiuose organizmuose, bet ir apskritai ekosistemų komponentuose, visų pirma, regionuose, kuriems daromas intensyvus antropogeninis poveikis.

Seleno kiekis Žemės žievėje, dirvožemiuose ir organizmuose neviršija 0,001 %, tačiau jo biologinis vaidmuo yra labai svarbus. Pagrindinis seleno biologinio aktyvumo pasireiškimas yra jo gebėjimas pakeisti sierą. Dar neseniai selenas buvo laikomas kancerogenu, tačiau, kaip parodė išsamūs pastarųjų metų tyrimai, tai klaidinga nuomonė. Šio elemento yra fermento gliutationperoksidazės, atliekančios svarbų antioksidanto vaidmenį organizme, sudėtyje. Su seleno trūkumu racione siejamos tokios ligos kaip toksiškos kepenų distrofija, eksudacinė diatezė, raumenų distrofija, encefalomaliacija (smegenų suminkštėjimas). Esant seleno trūkumui gyvūnų racione, organizme stebimi toliau išvardyti pokyčiai: augimo sulėtėjimas, nevaisingumas, degeneratyviniai pokyčiai miokarde ir griaučių raumenyse, nervinėse ląstelėse, kepenyse, inkstuose, sėklidėse ir kituose organuose, padidėja kapiliarų laidumas ir pasireiškia kiti pokyčiai.

Selenas apsaugo organizmą nuo lipidų peroksidinės oksidacijos produktų kaupimosi, skatinančio, visų pirma, ląstelių ir organų membranų oksidacinę destrukciją. Būdamas antioksidantu, selenas stabilizuoja svarbiausių žmogaus organų, ypač širdies raumens, ląstelines membranas, normalizuoja branduolių aktyvumą, padeda išvengti jų chromosomų pažeidimo, skatina ribosomų funkcijas, normalizuoja prostaglandinų, prostaciklinų, distancinių hormonų, tokių kaip augimo hormonas, tiroidiniai hormonai, apykaitą; tuo pačiu metu normalizuoja proteinų ir nukleino rūgščių apykaitą, gerina gyvūnų reprodukciją.

Seleno biologinis aktyvumas priklauso nuo cheminės formos, kuria atsiranda maiste ir organizme. Elementarus selenas – inertinis, toksiškiausi yra seleno organiniai junginiai. Nuodingiausi yra seleno vandenilis, seleno dioksidas, seleno halogenidai ir seleno sunkiųjų elementų junginiai. Seleno rūgštis ir jos druskų poveikis yra ženkliai stipresnis nei seleno

rūgštis ir jos darinių. Pateikti seleno neorganinių ir organinių junginių toksiškumo palyginamojo vertinimo duomenų kol kas negalima.

Atskirai pažymėtini didžiausi leistini lygiai, susiję su seleno buvimu aplinkoje ir jo kaupimusi organizmuose tokiomis koncentracijomis, kurios sukelia funkcinis sutrikimus. 2 mkg/l arba didesnio seleno kiekio buvimas vandenyje turi būti suprantamas kaip pavojingas sveikatai ir ilgalaikiam žuvų bei kitų laukinių gyvūnų rūšių veisimui, nes dėl bioakumuliacijos jos gali būti toksiškos mitybos reprodukcijos grandinėms. Kai kuriais atvejais ultrapėdsakiniai ištirpusio ir ypač organinio seleno kiekiai gali sukelti bioakumuliaciją ir toksiškumą net ir tuomet, kai seleno koncentracija vandenyje yra mažesnė nei 1 mkg/l. Mitybos grandinėse dalyvaujantys organizmai, tokie kaip zooplanktonas, bentoso moliuskai ir kai kurios žuvų rūšys, gali kaupti seleną iki 30 mkg/g sausosios masės (kai kurie individai – iki 370 mkg/g) be jokių pastebimų elgsenos ar reprodukcijos pokyčių. Tačiau, kaip žuvų ir laukinių gyvūnų vartojamo maisto toksiškumo slenkstis, priimama koncentracija, kuri neviršija 3 mkg/g. *Nasos* su bendraautoriais (1980) nustatė seleno vandenyje koncentraciją, kurios pakanka pusei testuojamųjų organizmų (zooplanktono) nužudyti per tam tikrą laikotarpį (4.3. lent.).

4.3. lentelė – Natrio selenito vandenyje keturiasdešimt šešių valandų LC₅₀.

Šaltinis: Nassos, P. A., J. R. Coats, R. L. Metcalf, D. D. Brown, and L. G. Hansen. 1980. Model ecosystem, toxicity, and uptake evaluation of ⁷⁵Se-selenite. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 24:752-758.

Rūšis	Koncentracija, mkg/g
Dumblas <i>Oedogoniumcardiacum</i>	< 0,1
Vėžiagyvis <i>Daphniamagna</i>	< 0,25
Uodo lerva <i>Culexfatigans</i>	< 3,1
Pilvakojis moliuskas <i>Physasp</i>	> 10,0
Gėlavandenė žuvis <i>Gambusiaaffins</i>	> 6,0

Organizmai, dalyvaujantys mitybos grandinėse, kuriose seleno kiekis viršija šią ribą, turi būti interpretuojami kaip potencialiai pavojingi žuvims ir vandens paukščiams, mintantiems šiais organizmais. Gyvūnams apskritai selenas yra ūmiai toksiškas, kai jo koncentracija maiste viršija 5 mkg/g, tačiau jis yra būtinas mažesne kaip 0,1–0,5 mkg/g koncentracija. Iš viso, selenas – tai gana stiprūs politropiniai nuodai, pažeidžiantys nervų sistemą, inkstus, kepenis. Nustatytas jų toksiškumas žmogui, suvartojant 3–5 mg per dieną.

Arsenas. Biofilinis elementas, nuolat esantis augalų ir gyvūnų organizme. Biologinis arseno vaidmuo mažai išaiškintas, tačiau žinoma, kad arsenas priskiriamas prie retikuloendotelinių elementų, t. y. dalyvauja vykstant imuninių kūnų gaminimo procesams ir apsauginėms reakcijoms. Esant arseno trūkumui specialiojoje dietoje, laboratorinių gyvūnų ir ožkų organizme buvo stebimas reprodukcinių funkcijų sutrikimas, bendros būsenos

pablogėjimas ir letalinės išėties atvejų padidėjimas. Tuo pačiu metu žmogaus atveju arseno deficito būsenos nėra žinomos.

Arsenas dalyvauja nukleinių apykaitoje, t. y. tiesiogiai susijęs su baltymų sinteze ir būtinas hemoglobino sintezei užtikrinti, nors arseno ir nėra jo sudėtyje. Yra žinoma, kad žinduolių organizme arseno yra atkurtose As ir NaAs³⁺ formose, kurios interpretuojamos kaip potencialūs metalotioneino susidarymo iš CdCl₂ stimulatoriai.

Mineraliniai vandenys su arsenu vartojami gydant kai kurias skrandžio ir žarnyno ligas. Arsenas – tai geriausia priemonė nuo seleno toksikozės. Šio elemento yra mumijaus – gamtinės mineralinės organinės medžiagos – sudėtyje. Jis taip pat naudojamas gydant paskutinės stadijos miego ligą.

Dumblo sudėtyje arsenas akumuliuojasi ląstelių baltymuose ir žudo jas; arba kaupiasi gyvūnų, užimančių aukštesnę padėtį mitybos piramidėje, organizmuose. Arsenas – labai toksiški kumuliaciniai protoplazminiai nuodai, pažeidžiantys nervų sistemą. Mirtina dozė žmogui – 60–200 mg. Lėtinė intoksikacija stebima suvartojant 1–5 mg/dieną. Arsenas blokuoja SH-grupes fermentuose, kontroliuoja audinių kvėpavimą, ląstelių dalijimąsi, kitas gyvybiškai svarbias funkcijas.

Trivalentis arsenas slopina oksidavimosi procesus. Penkiavalentis arsenas skatina fermentaciją, aktyvina kraujo ir raumeninio audinio glikolizę bei greitina heksozės difosfato skilimą. Įrodytas arseno neorganinių junginių kancerogeniškumas žmogaus odai ir plaučiams.

4.8.2. poskyris. Pesticidai

Pesticidai – bendrasis terminas, apimantis įvairių klasių cheminius junginius, naudojamus žemės ūkyje, sveikatos apsaugos srityje, pramonėje, naftos gavyboje ir kt. Sveikatos apsaugos srityje pesticidai naudojami kovojant su žiuželiniais – pavojingų ligų pernešėjais. Be to, pesticidai naudojami kaip dezinfekavimo pramonės priemonės, siekiant apsaugoti nemetalines medžiagas (polimerus, medieną, tekstilės gaminius) nuo laivų apaugimo (ypač Pietų jūrose), nuo susidarančių sieros vandenilio bakterijų bei nuo vamzdžių korozijos.

Didžiausiu mastu pesticidai naudojami žemės ūkyje kovojant su žiuželiniais (insekticidai ir akaricidai), nematodais (nematocidai), grybelinėmis (fungicidai) ir bakterinėmis (bakteridicai) augalų ir gyvūnų ligomis bei kovojant su piktžolėmis (herbicidai). Prie pesticidų taip pat priskiriami augalų augimo reguliatoriai (retardantai), naudojami kovojant su įvairių kultūrų išgulimu, užtikrinant defoliaciją (lapų šalinimą) ir desikaciją (augalų džiovinimą prie šaknų), siekiant palengvinti derliaus nuėmimą, apsaugoti nuo šalčių ir sausrų.

Pagal cheminę sudėtį išskiriamos 3 pagrindinės pesticidų grupės:

– neorganiniai junginiai (gyvsidabrio, fluoro, bario, sieros, vario junginiai bei chloratai ir boratai).

– augalinės, bakterinės ir grybelinės kilmės pesticidai (piretrinai, bakteriniai ir grybeliniai preparatai, antibiotikai ir fitoncidai).

– organiniai junginiai, kuriems priskiriami aukšto fiziologinio aktyvumo pesticidai: chloro organiniai junginiai (heksachlorcikloheksanas, heptachloras ir kt.); fosforo organiniai junginiai (chlorofosas, metilnitrofosas, karbofosas ir kt.); karbamino, tiokarbamino ir ditiokarbamino rūgščių dariniai (pirimoras, karbinas, tilomas); fenolių nitrodariniai (nitrafenas, karatanas); ftalimidai (kaptanas, ftalanas); mineralinės alyvos; gyvsidabrio organiniai junginiai (granozanas, merkuranas ir kt.); chinonai (dichlonas); šlapalo dariniai ir kt.

Priklausomai nuo irimo procesų atsparumo, pesticidai skirstomi į ne tokius atsparius (išsilaiko aplinkoje 1–12 savaitėms), vidutiniškai atsparius (išsilaiko 1–18 mėnesių) ir labai atsparius (išsilaiko dvejus ir daugiau metų). Akivaizdu, kad ne tokie atsparūs pesticidai beveik nesikaupia aplinkoje. Idealiu atveju pesticidas, padaręs reikiamą poveikį kenkėjui, turėtų iš karto suirti, sudarydamas nekenksmingus irimo produktus.

Pavojų ypač kelia atsparūs ir kumuliaciniai pesticidai: triazinas, simtriazinas, chlordanas, heptachloras – jų aptinkama dirvožemyje, praėjus dešimčiai ir daugiau metų po naudojimo. Patekdami į dirvožemį, pesticidai migruoja žemyn pagal profilį kartu su nusileidžiančiomis lietaus ir laistymo vandens srovėmis, migravimo greitis ir gylis priklauso nuo toksikanto dozės, jo lakumo ir adsorbiškumo bei dirvožemio vandens ir šilumos režimų. Liekamieji pesticidų kiekiai aptinkami 200 cm ir didesniame gylyje.

Patekdami į dirvožemio ir gruntinius vandenis mažomis koncentracijomis, pesticidai keičia vandens organoleptines savybes (skonį, kvapą) į blogąją pusę. 5–10 mg/l dichlorfenolo kiekis suteikia vandeniui specifinį kvapą ir daro netinkamą gerti. DDT masinio naudojimo metais medvilnės laukuose šio pesticido buvo aptinkama arteziniuose gręžiniuose 80 m gylyje, o jo koncentracija drėkinimo grioviuose (arykuose) 3–4 kartais (o neretai ir dešimčia kartų) viršijo leistiną ribą.

Šiuolaikiniams pesticidams, išskyrus labai mažą jų kiekį, būdingas žemo lygio toksiškumas, kuris yra artimas valgomosios druskos toksiškumui, ir daug mažiau nuodingas už kofeiną. Pažymėtina, kad per vieną vegetacijos laikotarpį šiuolaikiniai pesticidai visiškai suyra išorinėje aplinkoje. Pasaulinis vandenynas gali būti laikomas ypač atsparių pesticidų akumuliatoriumi. Pavyzdžiui, kalbant apie geriausiai ištirtą – DDT (4,4'-dichlordifeniltrichlormetilmetaną) – nustatyta, kad į hidrosferą pateko daugiau nei 25 % viso panaudoto preparato kiekio. Vadinasi, ilgai išsilaikančių pesticidų naudojimas turi būti apribotas arba uždraustas, kaip DDT atveju.

atpažinti juos tampa nepaprastai sunku (dažniausiai, šiuo metu analizuojant dioksinus, naudojama chromatografijos ir masių spektrometrijos technika).

Dioksinai – nepramoninis produktas, juos išmeta į orą ir vandenį chemijos gamybos įmonės bei celiuliozės ir popieriaus kombinatai, tačiau didžiausias kiekis išmetamas iš atliekų deginimo gamyklų. Dioksinai visada susidaro veikiant aukštai temperatūrai ir dalyvaujant chloro atomams. Išimtį sudaro tik celiuliozės gamyba, kurioje dioksinai susidaro esant nelabai aukštai temperatūrai. Dioksinai labai atsparūs ir suyra veikiant aukštesnei nei 100000 °C temperatūrai. Olandijos atliekų deginimo gamyklų normose numatyta taip: karštos dujos turi būti išlaikomos ne trumpiau kaip 2 sekundes 85000 °C arba aukštesnėje temperatūroje, esant ne mažiau kaip 6 % deguonies. Esant tokiai deginimo įrangos konstrukcijai, turi būti išmetama ne daugiau kaip 0,1 g/m³ dioksinų.

Šiukšlių struktūra skirtingose šalyse turi savo ypatumų. Pavyzdžiui, Olandijoje deginant lignoninių šiukšles, išsiskiria tik 4 g dioksinų per metus, o kitose Vakarų Europos šalyse ir JAV – tai galingas dioksinų šaltinis.

Dioksinų poveikį patyrusiems žmonėms iškrypsta imuniniai, kompensaciniai organizmo mechanizmai, biocheminė charakteristika, pasireiškia neadekvačios organizmo reakcijos, pavyzdžiui, į vaistinius preparatus. Nustatyta, kad ir tada, kai dioksinų kraujyje nėra, tęsiasi „dioksinų veiksnio“ efektas. 1995 m. duomenimis, apsinuodijimas dioksinais sukelia daugiau nei 19 ligų. Visų pirma, dioksinai paliečia moteris ir vaikus.

1999 metais Liono kancerogeninių medžiagų komisija (o vėliau ir US EPA) pripažino dioksiną kancerogenu žmogui. US EPA vertinimo duomenimis, rizika susirgti vėžiu sudaro 1:1000 (iš vieno tūkstančio asmenų susirgs 1 žmogus, o iš 10 mln. grupės – 10 tūkstančių).

Vertinant dioksinų pavojingumo laipsnį, taikomas „toksiškumo veiksnys“ ir naudojama „tarptautinė ekvivalentinio toksiškumo veiksmų skalė“ I-TEF. Veiksnys – tai koeficientas, iš kurio dauginama aptikto toksiško dioksino koncentracija, norint gauti „toksiškumo ekvivalentą“. Kaip vienetas yra priimtas toksiškumo koeficientas 2,3,7,8-TCDD. Bendrasis mišinio toksiškumas taip pat vadinamas ekvivalentiniu toksiškumu (ET, I-TEQ).

Daugiausia toksinų žmogus gauna su maistu (konkrečiai Vakarų Europos šalyse – su mėsa ir pieno produktais). Rusijoje nustatyta leistina dioksinų paros dozė – 10 pkg/kg (10⁻¹¹ g/kg) žmogaus svorio per dieną. Rusijoje priimta vandens taršos norma yra lygi 20 pkg dioksinų viename litre.

Į žmonių, kuriems gresia ypatingas dioksinų poveikio pavojus, grupę įtraukiami: kūdikiai, žvejai arba daug žuvies vartojantys žmonės, kai kurių chemijos gamybos įmonių darbuotojai, Vietnamo karo veteranai, Vietnamo valstiečiai, nukentėję nuo katastrofų, kurių metu buvo padidėjęs dioksinų kiekis. Ne visi dioksinų patekimo į maistą keliai yra žinomi. Be maisto,

dioksinai patenka į žmogaus organizmą taip pat ir iš oro bei su dulkėmis (atitinkamai 2,2 ir 0,8 pg/dieną). Geriamasis vanduo neįneša pastebimo indėlio į bendrąją patenkančių į organizmą dioksinų sumą.

Pagrindinis dioksinų pavojus yra ne ūmus toksiškumas, bet ilgalaikis transformuojamasis poveikis biosferai. Esant plačiai paplitusiems gamtoje sinergistams, ekosistemos pradeda irti jau veikiant tokiems kiekiams, kaip keli nanogramai viename dirvožemio kilograme ir kelios nanogramo dalys viename vandens litre. Kai kurių apskaičiavimų duomenimis, šiuo metu į gamtą išmesti keli šimtai tūkstančių dioksinų, tai paaiškina pastaraisiais dešimtmečiais stebimus katastrofinius organinės medžiagos praradimus biosferoje, staigų genofondo kokybės pablogėjimą ir progresuojantį imunodeficitą visuose aukštesniuose organizmuose.

Visose išsivysčiusios pramonės šalyse, išskyrus buvusią Tarybų Sąjungą, yra specialios valstybinės programos, nukreiptos į staigų dioksinų emisijos mažinimą. Pavyzdžiui, griežtos priemonės, reguliuojančios dioksinų išmetimą Nyderlanduose (The 1989 Combustion Directive), 1995 metų duomenimis, užtikrino šių teršalų išmetimo į orą sumažėjimą (toksiškumo vienetais TEQ) nuo 614 g/metus iki 100 g/metus. Panašių programų tvirtinimas Europos šalyse ir Japonijoje (JAV pirmoji tokio pobūdžio programa buvo patvirtinta 70-ųjų metų pradžioje Nacionalinės programos „Kenksmingos atliekos“ ribose) parodo, kad žmonija suvokia globalų pavojų, susidariusį dėl šių ypač nuodingų ksenobiotikų atsiradimo.

4.9. poskyris. Toksikologinis normavimas ir prisitaikymas (adaptacija) prie toksikantų poveikio

Fenotipinis prisitaikymas ir fiziologinis prisitaikymas – tai bet koks grįžtamasis prisitaikymo prie aplinkos procesas individo, populiacijos, rūšies ir biocenozės lygmenyse. Fiziologinis individualusis prisitaikymas arba prisitaikymas vienoje organizmų kartoje taip pat vadinamas fenotipiniu arba ontogenetiniu prisitaikymu. Jis gali būti paveldimai įtvirtintas ir transformuotis į genotipinį prisitaikymą.

Reikia atskirti „kompensacijos“ ir „adaptacijos“ sąvokas.

Tikriausiai, „kompensacijos“ sąvoka reiškia tam tikrą, jau įvykusį biologinės sistemos sutrikimą, kuris yra kompensuojamasis (atlyginamasis). Atvirkščiai, „adaptacija“ (verčiant – „prisitaikymas“) numato tokį sistemos pertvarkymą (kaip atsaką į poveikį), kuris suteikia jai galimybę išsaugoti stabilumą ir neleisti išsivystyti net paslėptiems, kompensuojamiesiems sutrikimams, t. y. pertvarkymą, vykstantį normos variantų ribose, t. y. tokiose ribose, kuriose sistema dar nepatiria kokybinių pokyčių.

Ekologinėje toksikologijoje, nagrinėjančioje viršorganizminio rango sistemų funkcionavimą, galima kalbėti apie du prisitaikymo lygius:

1. Prisitaikymo reakcijos organizmuose, kurios pasireiškia įvairia tam tikrų biocheminių, fiziologinių ir kitų procesų, užtikrinančių jų normalų funkcionavimą, korekcija. Tokių gyvulinių ir augalinių objektų reakcijų pasireiškimas patvirtinamas daugybe medicininės toksikologijos duomenimis ir nekelia jokių abejonių.

2. Viršorganizminio pobūdžio prisitaikymo reakcijos, būdingos gamtinėms sistemoms, patiriančioms ilgalaikį nepalankių veiksnių poveikį. Šiuo atveju, „adaptacijos“ terminas suprantamas kaip populiacijos palaikomas tam tikras normalus jos funkcionavimo lygis (dėl individų tolerantiškumo, vislumo ir kt.) bei genetinis kintamumas, pakankamas tam, kad dėl natūralios atrankos būtų prisitaikoma prie išorinės aplinkos sąlygų.

Pavyzdžiui, varlių organizme, kurios gyvena pramoniniais teršalais užterštų vandens telkinių zonoje, stebimas kepenų, inkstų, plaučių ir riebalinių kūnelių absoliučiojo svorio rodiklių padidėjimas visų amfibijų iš pramoniniais teršalais užterštos zonos biotopų amžių grupėse. Galbūt visa tai liudija apie padidėjusį metabolizmo lygį ir, tikriausiai, susiję su organų ir audinių funkcijų intensifikacija dėl toksikantų poveikio. Nors, remiantis turimais duomenimis, negalima vienareikšmiškai išskirti prisitaikymo vaidmens organizmų lygmenyje, yra rimtų pagrindų manyti, kad ir šiuo atveju kalbama apie populiacinius procesus.

Normavimo procedūra skirtingose šalyse. Sanitarinis-higieninis ir ekologinis normavimas. Rusijos Federacijoje gamtinės aplinkos kokybės normavimas atliekamas siekiant nustatyti didžiausią leistiną poveikio normą, užtikrinančią gyventojų ekologinį saugumą, genofondo išsaugojimą, racionalų gamtos išteklių naudojimą ir atkūrimą stabilaus ūkinės veiklos vystymosi sąlygomis. Šiuo atveju, kaip poveikis, suprantama antropogeninė veikla, susijusi su ekonominių, rekreacinių, kultūrinių interesų įgyvendinimu ir sukelti fizikinius, cheminius, biologinius pokyčius gamtinėje aplinkoje.

Tokiu būdu užbrėžtas tikslas numato ribojančių sąlygų (normatyvų) taikymą tiek pačiam poveikiui, tiek ir aplinkos veiksniams, kurie atspindi poveikį ir ekosistemų atsaką. Antropocentrizmo principas galioja ir kalbant apie normavimo plėtros istoriją: ženkliai anksčiau, nei kiti, buvo nustatyti žmogui priimtinių aplinkos (visų pirma, pramoninės) sąlygų normatyvai. Tačiau žmogus – tai ne pati jautriausia biologinė rūšis ir principas „apsaugotas žmogus – apsaugotos ir ekosistemos“ nėra taikomas. Ekologinis normavimas numato vadinamosios leistinos ekosistemos apkrovos apskaitą. Leistinąja laikoma tokia apkrova, kuriai veikiant, nukrypimas nuo normalios sistemos būsenos neviršija natūralių pokyčių, vadinasi, nesukelia nepageidautinų pasekmių gyviesiems organizmams bei aplinkos kokybės pablogėjimo. Šiuo

metu yra žinomi tik kai kurie bandymai apskaičiuoti apkrovą sausumos augalams ir žuvininkystės ūkių vandens telkinių gyventojams.

Tiek ekologinio, tiek sanitarinio-higieninio normavimo pagrindą sudaro žinios apie efektus, kuriuos sukelia gyviesiems organizmams įvairūs poveikio veiksniai. Viena iš svarbių sąvokų toksikologijoje ir normavimo srityje yra kenksmingos medžiagos sąvoka. Specialiojoje literatūroje kenksmingomis priimta vadinti visas medžiagas, kurių poveikis biologinėms sistemoms gali sukelti neigiamas pasekmes. Be to, dažniausiai visi ksenobiotikai laikomi kenksmingais.

Išorinės aplinkos ir maisto produktų kokybės normatyvų nustatymas grindžiamas poveikio slenksčių koncepcija. Normatyvai, ribojantys kenksmingą poveikį, nustatomi ir tvirtinami specialiai tam įgaliotų valstybės institucijų, vykdančių veiklą gamtinės aplinkosaugos, sanitarinės-epidemiologinės priežiūros srityse, ir tobulinami besivystant mokslui ir technikai, atsižvelgiant į tarptautinius standartus. Sanitarinio-higieninio normavimo pagrindą sudaro didžiausios leistinos koncentracijos samprata.

Didžiausia leistina koncentracija (DLK) – normatyvai, nustatantys kenksmingos medžiagos koncentraciją tūrio (oro, vandens), masės (maisto produktų, dirvožemio) arba paviršiaus (dirbančiųjų odos) vienetu, kurių poveikis per tam tikrą laikotarpį beveik neturi įtakos žmogaus sveikatai ir nekelia nepalankių pasekmių jo palikuoniams. Didžiausia leistina koncentracija (*The threshold limit value, TLV*) – įstatymuose patvirtintas sanitarinis-higieninis normatyvas. Kaip DLK suprantama tokia cheminių elementų ir jų junginių koncentracija aplinkoje, kurios kasdienis ilgalaikis poveikis žmogaus organizmui nesukelia patologinių pokyčių ar ligų, nustatomų šiuolaikiniais tyrimų metodais bet koku dabartinių ir kitų kartų gyvenimo laikotarpiu. Augalų ir gyvūnų būklei gali turėti įtakos gerokai už DLK mažesnė koncentracija. Pavyzdžiui, oro teršimas sieros dioksidu iki koncentracijos, kuri yra 10 kartų mažesnė už DLK, sukelia lėtinį arba trumpalaikį augalų lapų pažeidimą, augimo sulėtėjimą, derlingumo sumažėjimą. „Didžiausių leistinų dydžių“ koncepcijos klestėjimas vyko XX amžiaus viduryje. DLK buvo nustatoma atsižvelgiant į tai, kad egzistuoja tam tikra kenksmingo veiksnio vertės riba, kurią peržengus, buvimas šioje zonoje (arba, pavyzdžiui, produkto naudojimas) yra visiškai saugus. Šiuo metu vis labiau plinta gana išvystytas „tikimybinis“ požiūris, vystomas EPA (JAV aplinkos apsaugos agentūros) nuo 1980-ųjų metų pradžios. Šioje koncepcijoje („rizikos vertinimas“) atsižvelgiama į bendrąją kenksmingų veiksnių poveikio galimybę, be to, jų svorio koeficientai gali keistis, priklausomai nuo simbatumo (*symbasis*) (priklausomumą panašumo matas matematinėje analizėje) arba šių veiksnių adityvumo. Gali būti atsižvelgiama į kitus parametrus – populiacijos, kuriai atliekamas rizikos vertinimas, lyties ir amžiaus arba

genetinius ypatumus. Esant tokiam požūriui, nenaudojama griežtai fiksuotoji DLK, ji keičiama specialiais, labiau pagrįstais ir informaciniais rizikos vertinimo tyrimais.

Ribiniu atveju rizikos vertinimas gali suteikti ir kenksmingų veiksnių koncentracijos (lygios) limitų vertę, sutampančią su DLK. Todėl DLK vertė nustatoma remiantis eksperimentų duomenimis apie toksiškumą ir kitas susijusias aplinkybes, būna nevienodos skirtingose šalyse ir periodiškai peržiūrimos.

Sanitarinis-higieninis normavimas apima visas terpes, įvairius kenksmingų medžiagų patekimo į organizmą kelius, tačiau retai atspindi kombinuotą poveikį (kelių medžiagų poveikį vienu metu arba jų nuoseklų poveikį, esant tam pačiam patekimo keliui) ir neatsižvelgia į pačių įvairiausių fizikinių, cheminių ir biologinių aplinkos veiksnių kompleksinį (kenksmingų medžiagų patekimą į organizmą įvairiais keliais ir įvairiomis terpėmis – oru, vandeniu, maistu, pro odą) ir sąveikaujantį poveikį. Egzistuoja tik riboti medžiagų, kurioms būdingas sumacijos efektas joms visoms esant atmosferos ore, sąrašai.

Medžiagoms, apie kurių poveikį nesukaupta pakankamai informacijos, gali būti nustatomos *laikiniai leistinos koncentracijos (LLK)* – apskaičiavimo būdu gaunami normatyvai, kuriuos rekomenduojama taikyti 2–3 metus.

Toksiškos dozės dydis nenaudojamas normavimo sistemoje. Sanitariniai-higieniniai ir ekologiniai normatyvai nustato aplinkos kokybę žmogaus sveikatos ir ekosistemų būklės atžvilgiu, tačiau nenurodo poveikio šaltinio ir nereguliuoja jo veiklos. Reikalavimus, keliamus būtent poveikio šaltiniams, atspindi moksliniai techniniai normatyvai. Prie jų priskiriami kenksmingųjų medžiagų išmetimo (*didžiausi leistini išmetimai, DLIM*) ir išleidimo normatyvai (*didžiausi leistini išleidimai, DLID*) bei technologinės, statybos, miestų statybos normos ir taisyklės, nustatančios gamtinės aplinkos apsaugos reikalavimus. Mokslinių techninių normatyvų nustatymo pagrindą sudaro toks principas: regiono įmonėms laikantis šių normatyvų, bet kokių priemonių ore, vandenyje ir dirvožemyje kiekis turi atitikti sanitarinio-higieninio normavimo reikalavimus.

Mokslinis techninis normavimas numato riboti ūkio subjektų veiklą aplinkos taršos atžvilgiu. Kitaip tariant, nustato didžiausius leistinus kenksmingųjų medžiagų srautus, kurie gali patekti iš poveikio šaltinių į orą, vandenį, dirvožemį. Tokiu būdu, iš įmonių nereikalaujama, kad jos užtikrintų vieną ar kitą DLK, bet jos privalo laikytis kenksmingųjų medžiagų išmetimo ir išleidimo ribų, nustatytų objektui apskritai arba jį sudarantiems konkretiems šaltiniams. Užfiksuotas DLK aplinkoje vertės viršijimas pats savaime nėra įmonės padarytas pažeidimas, nors tai paprastai būna nustatytų mokslinių techninių normatyvų nevykdymo požymis (arba liudija apie būtinybę juos peržiūrėti).

Šiandien teršalų gamtinėse biocenozėse normavimo pagrindą sudaro sanitariniai-higieniniai principai ir normos, t. y. pirmenybė apsaugoti, visų pirma, žmogų. Šiais principais remiasi higienistai, nustatydami įvairių medžiagų DLK gamtinėje aplinkoje ir maisto produktuose. Toks orientavimosi į žmogaus saugumo užtikrinimą principas atspindi mūsų antropocentrinį pasaulėvaizdį ir paprastai būna pagrįstas.

Bet kokie ekologinio normavimo metodai remiasi leistinos antropogeninės apkrovos samprata. Plačiaja prasme, kaip leistinas antropogeninis poveikis gamtinei aplinkai turi būti suprantamas poveikis, susidedantis iš atskirų vienarūšių ir įvairiarūšių poveikių, kurie nedaro įtakos gamtinės aplinkos kokybei arba keičia ją leistinose ribose, t. y. nenaikina egzistuojančių ekosistemų ir nekelia neigiamų pasekmių žmogui ir svarbiausioms populiacijoms.

Egzistuoja ekologinių kriterijų, apibūdinančių gamtinės aplinkos kokybę, pasirinkimo problema. Pavyzdžiui, nustatant biologinių sistemų būklę, Švarco pasiūlytos „gerosios“ biocenozės kriterijaus požiūriu siūloma (pagal: J.A. Izrael, 1984) įvertinti:

- 1) visų pagrindinių trofinės grandinės grandžių produkciją;
- 2) aukštos produkcijos aukšto produktyvumo atitikimą (apibūdinantį biologinių sistemų kompensacinį aktyvumą);
- 3) struktūros stabilumą ir atskirų trofinių lygių nevienarūšiškumą;
- 4) energijos ir medžiagų apykaitos ekosistemoje greitį, kuris lemia sistemos galimybę savaime išsivalyti;
- 5) gebėjimą užtikrinti greitą bendrijos struktūros pertvarkymą, nes tai palaiko optimalią biogeocenozės būseną besikeičiant aplinkos sąlygoms.

Aplinkos veiksnių poveikis ekosistemai gali būti vertinamas remiantis atskirų rūšių skaičiaus ir jų būklės vertinimo rezultatais. Konkretūs aplinkos būklės rodikliai gali būti tokie: cheminių medžiagų kiekis įvairiuose organizmų audiniuose, skirtinguose trofinių grandinių lygmenyse, medžių augimo greitis, fotosintezės energija, dirvožemių mikrobiologinis aktyvumas, kerpių augimas, įvairių organizmų vystymasis. Šie duomenys gali būti papildomi duomenimis apie biogeocenozių struktūros pokyčius, duomenimis apie jų erdvės ir funkcijų pakitimus.

Apkrovos į atskiras biogeocenozes normavimas gali būti užtikrinamas reglamentuojant atskirų populiacijų arba jų bendrijų, priskiriamų prie atitinkamų biogeocenozių kritinių grandžių, būklę. Didelė reikšmė teikiama jautrių rūšių biotestavimo poveikiui ir naudojimui, siekiant išskirti antropogeninius efektus.

Skirtingose šalyse skiriasi toksikologinio normavimo procedūra. Visoms pramoninėms pasaulio šalims vienaip ar kitaip kelia nerimą gamtinės aplinkos būklė. Jos kontrolės tikslais naudojamos įvairios charakteristikos, vadinamos indikatoriais, indeksais, kriterijais ir kt.

Požiūris į gamtinės aplinkos būklės vertinimo problemą skirtingose šalyse nevienodas ir priklauso nuo jų ypatumų (geografinių, kultūrinių, ekonominių ir kt.). Be to, net tos pačios šalies viduje yra skirtumų sprendžiant šiuos klausimus (įvairios JAV valstijos, Kanados provincijos, Vokietijos žemės). Svarbiausiais laikomi kontrolės rodikliai, atspindintys medžiagų, kurios kelia didžiausią pavojų gyventojams ir gamtai tam tikroje vietovėje dėl didelių išskyrimo arba naudojimo apimčių, elgseną, toksinių savybių, transporto ypatumus, gebėjimą kauptis gamtos objektuose, atsparumą irimui (persistentiškumą). Visi šie duomenys nagrinėjami dinamiškai ir padėtis laikoma patenkinama, jeigu neigiami rodikliai ilgainiui mažėja.

Išskiriami toliau išvardyti parametrai, kurie tinka apskaitai atlikti: gyvenamųjų zonų aplinkos tarša, vandens tarša, toksiškų chemikalų išsisklaidymas gamtoje pavojingų atliekų surinkimas, saugojimas, pernešimas ir perdirbimas.

Atkreiptinas dėmesys į gamtoje esančių dirvožemių taršos kiekybinės charakteristikos skirtumus. Pavyzdžiui, Kanados provincijose (Albertos, Kvebeko) leistina švino koncentracija žemės ūkio paskirties dirvožemiuose yra 50–60 mg/kg, Vokietijoje patenkinamu laikomas 100 mg/kg lygis, o Didžiojoje Britanijoje leistinos koncentracijos sudaro 500 mg/kg.

Reino ekosistemos kokybę vertinančios medžiagos suteikia galimybę įsivaizduoti aplinkos būklės vertinimo kriterinius metodus. Kriterijai apibūdina atskiras aplinkos (paviršinių vandenų ir dirvožemio) taršos rūšis, įvertina teršalų koncentraciją.

Dauguma vertinimo rodiklių taikomi palyginant pradines sąlygas įvairiuose objektuose arba įvertinant teršalų koncentracijos pakitimą bėgant laikui kiekviename objekte (t. y. taršos dinamiką). Parametrų (arba kriterijų) apskaičiavimas yra tikslinio pobūdžio ir nukreiptas į paviršinių vandenų kokybės nustatymą tinkamumo naudoti požiūriu bei dugninių nuosėdų kokybės nustatymą pagal teršalų koncentracijos laipsnį. Remiantis Olandijos vertinimo sistema, naudojami rizikos koncentracijų rodikliai. Nagrinėjami rodikliai MPC (*Maximum Permissible Concentrations*) – didžiausios leistinos koncentracijos (t. y. koncentracijos ekosistemos rizikos lygyje) bei NC (*Negligible Concentrations*) – nereikšmingos koncentracijos.

Tarptautinė programa „Reino vandenų apsauga“ – *Protection of the Rhine* – ir Ekonominės plėtros programa – *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)* – priskiriamos prie didžiausių Europos susitarimų, kurių tikslas yra įvertinti aplinkos kokybę, naudojant bendrąją rodiklių sistemą. Joje nagrinėjamas klausimas, susijęs su būtinybe atsižvelgti į teršalų sklaidimą oru dideliais atstumais ir nustatyti naujus aplinkos kokybės rodiklius, kurie apimtų įvairių teršalų tinklinį poveikį. Be visuotinai paplitusių požymių apibrėžimų ir sudėties, OECD ir Europos Sąjungoje (ES) dar nėra priimtas šių rodiklių standartas. Nacionaliniai apibrėžimai, nors ir artimi, bet vis dėlto skiriasi pagal tam tikras nuostatas, visų pirma, pagal informacinių požymių rinkinį.

Pavyzdžiui, 1996-09-24 direktyvoje 96/61/EB aiškiai atskiriamos dvi sąvokos: *emission values* (praktiškai atitinka Rusijos normose nustatytų DLIM ir DLID normatyvus ir apskaičiuojama tokiu pačiu būdu, remiantis nustatyta DLK) ir *environmental quality standart* (nustatyti reikalavimai, kurių privaloma laikytis šiuo metu ir šioje aplinkoje arba jos dalyje, kaip nustatyta ES įstatymuose).

Pateikiant bendrus klasifikacinius principus, būtų tikslinga išnagrinėti plačiausiai taikomus kriterinius požiūrius. Šiuo metu viena iš pagrindinių požiūrių yra koncepcija, pasiūlyta UNEP (*United Nations Environment Programme*) JTO Aplinkos ir plėtros konferencijos (Rio, 1992) nuostatų ribose.

Koncepcinių nuostatų apie aplinkos kokybės būklės vertinimo rūšis ir formas, kurioms skiriama mažai dėmesio, skiriamasis ypatumas yra aiškiai nustatyti skirtumai tarp pačių tiesioginių aplinkos parametrų matavimų (apskaičiavimų) ir vadinamosios „ekologinės statistikos“ (*environmental statistics*). Pastaroji suprantama kaip statistinių tarnybų, valstybės agentūrų (organizacijų) duomenys aplinkos apsaugos srityje, įgaliotų mokslo centrų ir tarptautinių organizacijų fondų medžiagos. Be to, informaciniai masyvai ir jų apdoravimo rezultatas (aplinkos kokybės vertinimo parametrai, kriterijai, indikatoriai, indeksai), visų pirma, turi apibūdinti ne tiek tikslus kokybinius apibrėžimus, kiek procesų, kurie apibūdinami kaip svarbūs aplinkai, pokyčių tendencijas. Pokyčių tendencijų kaip kriterinio vertinimo pagrindo taikymas suteikia galimybę reikšmingai supaprastinti (aišku, ne visais atvejais) reikalavimus, keliamus duomenų tikslumui, ir praplėsti galimą jų suliginimo teritoriją (funkcinę aplinką). Tuo pačiu metu pradinės informacinės ekostatistinės bazės neturėjimas yra rimta kliūtis priimant bendruosius indikatorių sąrašus. Į Europos Sąjungoją 1994 metais Aplinkos ministrų taryba priėmė ketverių metų ekologinių statistikos komponentų plėtros programą, kuri įsigaliojo kaip bendroji koordinuojančioji sistema tik 1999 metais. Be to, pažymėtina, kad ES jau turi galingą unifikotą informacijos apie aplinkos būklę rinkimo ir doravimo sistemą, apimančią ir visos ES teritorijos parametrinį suskirstymą į statistines apygardas (CORINE programa – *Coordination of Information on the Environmental of European Union*).

Tokių požiūrių ideologinį pagrindimą sudaro realiai egzistuojantis socialinis ekonominis užsakymas, susijęs su sąmoningai supaprastintu aplinkos vertinimo rezultatų pateikimu visuomenei ir politinėms valdymo sistemoms (*decision make*). Tai deklaruota *agenda 21* 40 dalyje tokiu būdu: „...Stabilaus vystymosi indikatoriai reikalingi tam, kad būtų užtikrinta tvirta bazė asmenims, kurie priima sprendimus visuose lygmenyse, ir būtų skatinama savireguliuojanti aplinkos ir vystymosi sistemų integracija“.

Be to, lieka galioti reikalavimas, keliamas pačių ekostatistinių rodiklių (kriterijų) moksliniam tikrumui ir galimybei juos priimti, remiantis valdymo sprendimais.

Vidinis tokių požiūrių prieštaravimas yra akivaizdus. Jį apsunkina įvairių potencialių vartotojų ir organizacijų (pavyzdžiui, UNEP, Pasaulio Banko, JTO EEK, OECD ir kt.) grupių aktyviai vykdomas procedūrų priėmimo bei kriterijų ir indeksų sistemų reglamentavimo procesas. Pažymėtina, kad daugybei gamtinių procesų ar poveikių rūšims kaip indikatoriai taikomi gerokai sudėtingesni, palyginti su ekostatistiniais, tiesioginiais parametrais ir integraliniais rodikliai, reikalaujantys specialių stebėjimų. Dažniausiai tai siejama su noru užtikrinti tam tikro gamtinio-antropogeninio proceso, kuris yra svarbus programos ar ekologinio indikatoriaus schemos požiūriu, identifikavimą. Pavyzdžiui, Pasaulio Banko programoje didelis dėmesys skiriamas dirvožemio dangos, kaip besivystančių šalių ekonomikos elemento būklės, indikatoriums. Be to, prieš renkantis indikatorius, rengiama dirvožemių ir žemės fondo klasifikacija ir remiantis šia klasifikacija kuriami skaitmeniniai dirvožemių žemėlapiai. Labai trumpai pagrindinės kriterijų (indikatorių) grupės globalinių procesų vertinimo lygmenyje gali būti pateikiamos taip:

- aplinkos kokybės kriterijai (tipas SOE – *State of the Environment*);
- poveikio kriterijai, atspindintys poveikio efektą (*stress indicators*);
- stabilaus vystymosi kriterijai (*sustainable indicators*);
- žmogaus gyvenamosios aplinkos kokybės ir poveikio kriterijai (*environmental health indicators*).

Be to, siekiant padidinti vertinimo tikslumą, pasiūlyta papildoma indeksų-rodiklių grupė, apimanti suporuotas atskirų (dviejų ar daugiau) kintamųjų vertes (plačiai naudojama, pavyzdžiui, JAV aplinkos apsaugos agentūroje – EPA).

Atraminiai ribos kriterijai nustato parametro, indikuojančio priimtinos ekologinės rizikos ribas, limitus. Tiksliniai kriterijai yra skirti gamtos išteklių ir ekologinių-ekonominių uždavinių sprendimo efektyvumui nustatyti.

Nustatant ekologinės situacijos indeksus, kaip pagrindiniai išskiriami:

- mitybos kokybės standartai;
- medicininės-socialinės aplinkos kokybės standartai;
- sergamumo struktūra;
- ekotoksikologiniai parametrai;
- bioindikaciniai bandymai;
- biogeninio apytakos rato parametrai;
- didžiausi leistinti gamtinių teritorinių kompleksų dezintegracijos lygiai;
- išteklių atkūrimo potencialo indeksai;
- lyginamųjų normatyvų nustatymo parametrai: teritorijos vienetui, produkcijos vienetui

ir kt.;

– rizikos vertinimo indeksai.

Pati UNEP vertinimo sistema, kadangi operuoja globaliniais procesais ir duomenimis, daugeliu atvejų neužtikrintais reprezentacinėmis eilėmis, neturi aiškios, logiškai išlaikytos klasifikacinės struktūros. Iš esmės, jos ideologiją sudaro bandymai parinkti galimus integralinius indeksus arba ekologinius indikatorius remiantis didžiausio užtikrinimo nacionaliais duomenimis principu. Ir jeigu resursinių poveikio vertinimų atveju šis požiūris įgyvendinamas sėkmingai, tai aplinkos būklės vertinimo atveju (išskyrus, tikriausiai, globalinius procesus) – akivaizdžiai nesėkmingai.

Vienų ar kitų specifinių ekologinių problemų (arba dažniau nacionalinių jų suvokimo aspektų) egzistavimas sukelia siaurų vietinių rodiklių atsiradimą. Beveik visada jie priskiriami mažo regiono arba savivaldybių teritorijų hierarchiškai teritoriniam lygiui. Pavyzdžiui, Danijoje, be bendrųjų pokyčių tendencijos rodiklių, vietiniam lygiui yra numatyti vadinamieji statiniai rodikliai, pavyzdžiui, vandens ėmimo gręžinių, esančių didesniu kaip 500 m atstumu nuo žaliųjų zonų, skaičius.

Skirtingose šalyse regioninių indikatorių sąrašai labai skiriasi. Pavyzdžiui, tokiu kriterijumi gali tapti vaikų mirštamumo koeficientas (Pasaulio Bankas), gyvenimo trukmė (Didžioji Britanija), išnykstančių rūšių skaičius (Baltic Agenda 21, UNEP), labai toksiškų pesticidų apkrova (ES, Šiaurės Europa, Kanada), kumuliacinis toksikantų kaupimasis trofinėse grandinėse (Kanada).

Ekologinis indikatorius – tai požymis, būdingas sistemai arba procesui, kuriuo remiantis, atliekamas kokybinis arba kiekybinis pokyčių tendencijų vertinimas, ekologinių sistemų, procesų ir reiškinių nustatymas arba vertinamasis klasifikavimas. Indikatoriaus vertė apibrėžia procesą ar reiškinį, išeinantį už jam būdingų savybių ribų.

Ekologinis indikatorius (kriterijus) gali būti:

aplinkosauginis – ekosistemų vientisumo (įvairovės, buvimo vietos) išsaugojimas;

antropoekologinis – poveikis žmogui, jo populiacijai;

resursinis-ūkinis – poveikis visai „visuomenės-gamtos“ sistemai;

socioekonominis – apibendrinamasis ekonominės sistemos būklės ir gyvenimo kokybės vertinimas.

Yra būdinga labai aukšta gamtinių ir gamtinių antropogeninių sistemų būklės indikatorių-rodiklių lyginamoji vertė. Olandijoje tai yra būtinybės pasekmė kruopščiai kontroliuoti kone dirbtinai valdomas ir labai greitai reaguojančias į poveikį gamtines antropogenines sistemas bei jų gamtinius komponentus kaip ekonominės ūkinės veiklos pagrindą (polderinė žemdirbystė, reguliuojamasis hidrogeocheminis režimas, nestabilūs dirvožemio fitomelioraciniai komponentai ir kt.).

Kanadoje didelė dalis šios grupės atspindi būtinybę išsaugoti gamtos geosistemų išteklių potencialą ir palaikyti jų natūralų stabilumą (pavyzdžiui, Didžiųjų ežerų vandenių kokybės atstatymo veiksmų ir valdymo planas, apimantis platų tokių indikatorių spektrą). Abiejose schemose naudojama eksteritorinė indikatorių taikymo zonų suskirstymo klasifikacija, skirtingai nuo dominuojančio administracinio teritorinio suskirstymo principo. Kanadoje tai ekozonos ir ekoregionai (*ecozone*), Olandijoje – ekoapygardos (*ecodistrict*), kurių kraštovaizdžio sudėtis taip pat yra visiškai skirtinga.

5 SKYRIUS. ĮVAIRIŲ VANDENS TELKINIŲ TIPŲ HIDROCHEMINIAI YPATUMAI

Pagrindinis tikslas: Išnagrinėti skirtingų tipų vandens telkinių hidrologinius ir hidrocheminius ypatumus.

Tikslai:

1. Žinoti upių vandens režimą ir jų vandens cheminę sudėtį.
2. Žinoti skirtingus ežerų tipus ir jų vandens cheminės sudėties ypatumus.
3. Žinoti telkinių-aušintuvų vandens režimo ypatumus.
4. Žinoti žuvivaisos tvenkinių hidrocheminio režimo ypatumus.

5.1. poskyris. Upės

Upių hidrocheminis režimas apibūdinamas šio tipo vandens telkiniams būdingomis ypatybėmis. Upėms būdingas takumas, dėl kurio vyksta greitas vandens pasikeitimas. Šis pagrindinis veiksnys ir kitos dėl jo kylančios pasekmės nulemia tiek vandens fizikines savybes ir cheminę sudėtį, tiek ir biologinį telkinio gyvenimą. Upių gyventojams didžiausią įtaką darantys abiotiniai veiksniai: vandens lygio režimas, tėkmės greitis, skaidrumas, temperatūra ir vandens druskų sudėtis.

Vandens telkinio lygio režimas yra nustatomas pagal maitinimą vandeniu, kuris gali būti paviršinis (lietaus, sniego, ledynų) ir požeminis. Ledynų maitinimas būdingas upėms, prasidedančioms kalnuose, lietaus ir sniego maitinimas – lygumų upėms. Tačiau dažniausiai upių maitinimo pobūdis yra mišrus ir vieno ar kito maitinimo tipo vyravimą lemia metų laikas. Požeminis upių maitinimas vyrauja sausuoju metų laiku ir žiemą, kai upės dengia ledas.



5.1. pav. Kalnų upės Turgen (Kazachstanas) aukštupys.**5.2. pav.** Jamalo lygumų upė.

Upės lygis pakyla dėl staigaus lietaus, sniego ar ledyno maitinimo padidėjimo. Poplūdžio metu upės tėkmės greitis gerokai padidėja ir tam tikrose atkarpose siekia 1,5-2 m/s, o kalnuose neretai ir 5-6 m/s. Esant tokiam greičiui, vandens tekėjimas upėse yra turbulentiškas ir susidaro įvairiausi sūkuriai, todėl vyksta energingas vandens masės maišymasis ir temperatūros režimo bei cheminės sudėties suvienodėjimas. Nemuno upės tėkmės greitis (5.3. pav.) yra daug mažesnis: aukštupyje – 0,5-0,6 m/s, o prieš žiotis – 0,1 m/s (5.4. pav.).

**5.3. pav.** Nemunas Liškiavos rajone.



5.4. pav. Nemuno delta Uostadvario salos rajone.

Upės maitinimo pobūdis, jos dydis ir rajono, kuriame ji teka, klimatas daro didelę įtaką temperatūros režimui. Kadangi vanduo upėse intensyviai maišosi, jų temperatūra pakankamai vienoda. Tačiau didelių upių vandens temperatūra vasarą prie krantų ir paviršiuje kiek aukštesnė nei upės viduryje ar prie dugno. Žiemą yra priešingai. Tam tikras temperatūros nevienalytiškumas susidaro ir dėl gruntinio vandens pritekėjimo bei intakų įtekėjimo, kurių temperatūra skiriasi. Sezoninis upių vandens temperatūros svyravimų intervalas siekia 0-30 °C, o paros kalnų upių ištakose 10-20 °C ir 1-1,2 °C - lygumų upėse.

Upių vandens skaidrumas daugiausia apibūdinamas suspenduotų dalelių skaičiumi. Didžiausias suspenduotų medžiagų kiekis vandenyje yra, kai greitis didelis, o vaga sudaryta iš minkštų uolienų. Todėl mažiausias skaidrumas būna esant poplūdžiams (5.5. pav.), o didžiausias – nuosėkio metu. Kalnų upių, tekančių neišplaunamomis uolienomis bei stokojančios planktono, vandens skaidrumas paprastai didelis.



5.5. pav. Poplūdis. Akmenos upės žiotys Kuturių kaime, Šilalės rajone. 2012 m. vasaris.

Upių vandenų cheminę sudėtį nulemiantys veiksniai:

- takumas ir greita vandens kaita, kuri sukelia trumpalaikį poveikį jos uolienoms;
- upė maitinama daugiausia iš atmosferos kritulių, todėl vandens cheminė sudėtis labai priklauso nuo hidrometereologinių sąlygų;
- formuodamiesi upių vandenys liečiasi su gerai praplautomis uolienomis, kuriuose mažai tirpiųjų druskų.

Dėl šios priežasties, upių vandenys, palyginus su kitų vandens telkinių vandenimis, yra ne tokie mineralizuoti.

Pagal mineralizacijos lygį upės skirstomos į šias grupes:

- mažos mineralizacijos vandenys (iki 200 mg/l);
- vidutinės mineralizacijos vandenys (200 -500 mg/l);
- padidėjusios mineralizacijos vandenys (500-1000 mg/l);
- aukštos mineralizacijos vandenys (daugiau nei 1000 mg/l).

Daugumos upių vandenys yra mažos ir vidutinės mineralizacijos. Upių mineralizacijai didelę įtaką daro krituliai. Sausringų rajonų upėms būdinga didesnė vandens mineralizacija, o tropinių ir vidutinių platumų, kur kritulių kiekis yra padidėjęs, upių vandenų mineralizacija yra maža. Ekvatorinės Amerikos upių, pavyzdžiui, Amazonės, Paranos (5.6., 5.7. paveikslėliai), vandenys pagal savo sudėtį yra artimi distiliuotam vandeniui. Šių upių vandens sudėtyje druskos yra atitinkamai 30,3 ir 90,6 mg/l. Nemažai upių, tekančių Vakarų Europos teritorijoje, taip pat yra būdinga žema vandens mineralizacija.



5.6. pav. Amazonės upė.



5.7. pav. Paranos upė.

Dauguma Vakarų Europos upių pagal klasifikaciją, kurią pasiūlė O. Alekinas (1970), priklauso hidrokarbonatinių vandenų klasei, kalcio grupei. Jų baseinų užimamas plotas sudaro apytiksliai 85 % viso ploto. Iš hidrokarbonatinės klasės vandenų labiausiai paplitę mažos mineralizacijos vandenys ir daug mažiau – vidutinės mineralizacijos upės. Chloridinei klasei

priskiriamos upės, kaip ir sulfatinės klasės upės, yra palyginti retos. Šių klasių vandenims būdinga aukšta mineralizacija.

Upių tipai pagal cheminę sudėtį Europos teritorijoje pasiskirstę gan dėsningai. Priklausomai nuo klimato, dirvožemio ir geografinių vietovės ypatumų, mineralizacija didėja iš šiaurės į pietryčius. Tokia pačia kryptimi keičiasi ir vandens kitimas iš hidrokarbonatinės klasės vandenų į sulfatinės ir chloridinės klasės vandenis.

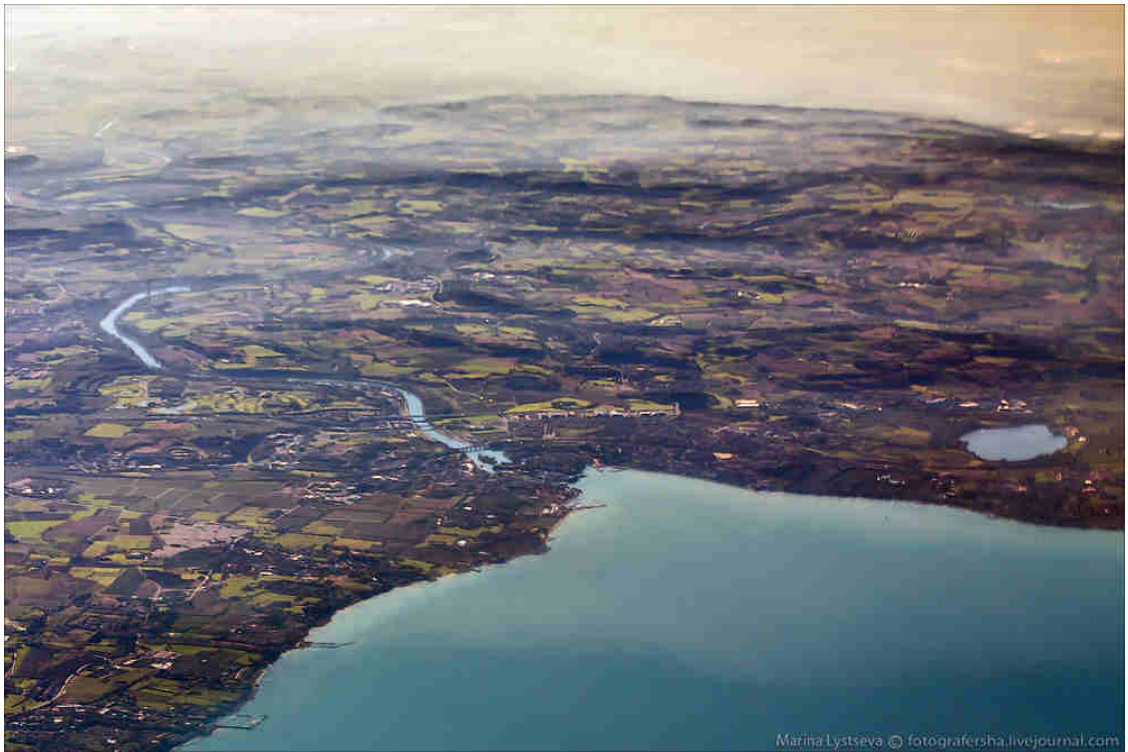
Upių kokybinė cheminė sudėtis daugiaž tokia pati, ją daugiausia sudaro HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ jonai.

Tuo pačiu metu upių vandenų, ypač nedidelių ir vidutinių upių, cheminė sudėtis tiek bendros mineralizacijos požiūriu, tiek pagal jonų santykį, yra labai dinamiška. Vandens cheminės sudėties kitimas per laiką priklauso nuo upės maitinimo pobūdžio, kuris kinta metų eigoje. Priklausomai nuo vyraujančio maitinimo – paviršinio arba gruntinio, kurie labai skiriasi savo įnešamo vandens sudėtimi, formuojasi upių vandenų cheminė sudėtis.

Upių, turinčių nuotėkį iš pelkių bei dirvožemio, mineralizacija yra žema. Vandens mineralizacija sumažėja, kai pavasarinio poplūdžio metu masiškai plūsteli pavasarinis polaidžio vanduo. Paviršinių vandenų, nutekančių iš dirvožemių, mineralizacija labai priklausys nuo to, koks periodas buvo prieš iškrentant krituliams – sausringas ar lietingas. Požeminiai vandenys, maitinantys upę, yra labiau mineralizuoti nei paviršiniai. Poplūdžių metu (vykstančių dėl polaidžio vandens ir lietaus) vandens mineralizacija būna minimali, o laikotarpiu tarp polaidžių vandens mineralizacija pasiekia didžiausią reikšmę.

Metams bėgant, vyrauja tai vienas, tai kitas upės vandens maitinimo tipas, todėl vandens cheminė sudėtis yra sezoniška. Metams bėgant, keičiantis vandens sudėčiai, keičiasi ne tik bendras jonų kiekis, bet ir santykis tarp jų. Daugumos vidutinės platumos šalių upių vandenims būdingas HCO_3^- ir Ca^{2+} vyravimas visus metus, o žiemos ir nuosėkio periodu – padidėjęs SO_4^{2-} ir Cl^- kiekis HCO_3^- ir Mg^{2+} atžvilgiu dėl padidėjusio požeminio vandens kiekio bendrajame upės maitinimo tūryje.

Sezoninis jonų kiekio vandenyje kitimas gali turėti ir kiek kitokią kryptį dėl skirtingo vandens maitinimo sąlygų ir uolienu, iš kurių sudarytas baseinas, pobūdžio. Iš didelių ežerų ištekančioms upėms būdingas savitas hidrocheminis režimas (5.8 pav.). Dėl didelės vandens masės reguliuojamojo poveikio jų cheminė sudėtis beveik nesikeičia per visus metus.



5.8. pav. Pati trumpiausia Italijos upė Minčio, ištekanti iš Gardos ežero.

Upės vandens sudėtis visą laiką kinta dėl įtekančių intakų, upės maitinimo pobūdžio kitimo ir procesų, vykstančių pačios upės vagoje. Vandens cheminės sudėties nevienalytiškumas ypač pastebimas tose upėse, kurios yra labai ilgos ir prateka pro įvairius rajonus, besiskiriančius geografinėmis sąlygomis ir geologine struktūra.

Kai kurių hidrocheminių sudedamųjų dalių sudėties pasikeitimas upėje vyksta ne tik dėl maitinimo pobūdžio kitimo, bet ir dėl kai kurių kitų veiksnių kitimo, tarp kurių ypatingą reikšmę turi temperatūra, saulės radiacijos intensyvumas ir biocheminiai procesai. Tai, visų pirma, susiję su vandenyje ištirpusių dujų ir biogeninių elementų kiekiu.

Biogenų kiekis upėse smarkiai skiriasi priklausomai nuo upių pobūdžio ir metų laiko. Fosfatų kiekis lygumų upėse sudaro dešimtąsias ir šimtąsias miligramo dalis 1 l. Azoto druskų koncentracija paprastai yra didesnė nei fosfatų. Dažniausiai žiemą biogenų vandenyje yra daugiau nei vasarą.

Upių, kai jos nepadengtos ledo danga, dujų režimas paprastai yra palankus hidrobiontams gyventi. Upei užšalus deguonies koncentracija vandenyje sumažėja ir prieš ledonešį pasiekia minimumą. Kai kuriose upėse dėl gamtos veiksnių, kitose dėl taršos pramoninėmis ir buitinėmis nuotėkomis, vandenyje ištirpusio deguonies koncentracija pasiekia tokią mažą reikšmę, prie kurios daugelis žuvų ir kai kurie bestuburiai gyvūnai beveik negali išgyventi. Beje, žiemos deguonies deficitas kyla dėl to, kad upės vidurypis visą paskutinį periodą maitinamas deguonies neturinčiais pelkių vandenimis, kurie turi daug organinių medžiagų. Joms oksiduoti

sunaudojamas vandens deguonis, gaunamas su upės aukštupio vandeniu. Šiuo periodu stebimas masinis žuvų kritimas. Pavasarį upės deguonies režimas pagerėja.

Vasarą anglies dioksido upės vandenyje nedaug, žiemą jo koncentracija gerokai padidėja ypač tose upėse, kurių vandenyje yra didelis deguonies suvartojimas.

Vandens vandenilio jonų rodiklis daugiausia svyruoja tarp 7,0-8,3 ir tik tai upėse, kurios išteka iš pelkių, pH rodiklio reikšmė žemesnė nei 7,0. pH rodiklio reikšmės kitimas per parą siekia 0,09-0,3.

5.2. poskyris. Ežerai

Ežerai – tai uždari vandens telkiniai, užpildantys skirtingo dydžio ir formos duburius. Ežerų duburių kilmė įvairi. Jos gali būti tektoninės, karstinės, eolinės ir ledyninės kilmės. Paprastai ežero duburį suformuoja ne koks nors vienas veiksnys, darantis įtaką sausumos įdubų susidarymui. Tektoninės kilmės duburiai dažnai būna užbaigti formuoti ledyno. Neretai moreniniai ežerai yra veikiami upinės erozijos.

Ežero duburys paprastai dalinamas į litoralę (pakrantės seklumą), profundalę (ežero gilioji sritis) ir sublitoralę (pereinamoji sritis tarp pirmųjų dviejų sričių).

Apatinę litoralės ribą ežeruose nustato žalių vandens augalų paplitimo riba – litoralė (apšviesta zona). Litoralės ir profundalės gylis ir vystymasis skirtinguose ežeruose ganėtinai skiriasi ir priklauso ne tik nuo ežero kontūro ir jo duburio reljefo, bet ir nuo tokių veiksnių, kaip vandens spalva ir skaidrumas.

Ežerai gali būti nuotakiniai arba nenuotakiniai priklausomai nuo to, ar iš jų išteka upės ar ne. Nuotakiniai ežerai daugiausiai yra tuose rajonuose, kur yra perteklinis drėkinimas, nenuotakiniai – sauso klimato rajonuose. Ši aplinkybė daugiausiai lemia ir vandens mineralizacijos lygį, o daugeliu atvejų ir ežero vandens cheminės sudėties pobūdį.

Didžioji dalis Rytų Europos ežerų priskiriami hidrokarbonatinių klasei. Vandens mineralinės sudėties pagrindą sudaro HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ jonai. Ežeruose, kaip ir upėse, pastebima vandens sudėties priklausomybė nuo fizinės geografinės aplinkos. Europos teritorijoje aiškiai matomas cheminės sudėties ir vandens bendrosios mineralizacijos zoniškumas. Išskiriamos keturios zonos:

- 1) mažai mineralizuotų (iki 100 mg/l) vandenų zona jauriniame pelkiniame dirvožemyje (nuo šiaurinės Juodosios jūros pakrantės iki 60-osios lygiagretės).
- 2) vidutiniškai mineralizuotų (100–500 mg/l) vandenų zona velėniniame jauriniame dirvožemyje (nuo 60-osios lygiagretės iki pietinių pilkųjų miškų dirvožemio).

3) vidutinės padidėjusios (500–1000 mg/l) ir didelės mineralizacijos (1–10 g/l) vandenų zona juodžemio ir dalinai kaštoniniame dirvožemyje (iki šiaurinių Juodosios ir Azovo jūrų pakrančių).

4) aukštos (1 – 10 g/l) ir labai aukštos mineralizacijos (10 mg/l) vandenų zona juodžemio karbonatiniame ir kaštoniniame dirvožemyje (Paazovės ir Prieškaukazės juodžemiai, kaštoniniai dirvožemiai ir druskingos žemapelkės).

Bendroji ežerų vandenų mineralizacija priklausomai nuo zonos gali stipriai svyruoti. Egzistuoja ežerai, kurių vandenys pagal mineralizaciją prilygsta distiliuotam vandeniui. Ežerai su padidėjusia mineralizacija paprastai yra sausringo klimato zonose.

Ežerų vandens cheminė sudėtis glaudžiai susijusi su intakų ir ežerus maitinančių požeminių vandenų sudėtimi. Kaip ir upėse, vyraujantys ežerų vandens jonai daugiausia yra HCO_3^- , Ca^{2+} ir Mg^{2+} . Daugelyje gėlių ežerų yra tik nedidelis SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ ir K^+ jonų kiekis. Esama nemažai atvejų, kai ežero vandens cheminė sudėtis gali gerokai skirtis nuo jį maitinančios upės vandens sudėties.

Didelę įtaką ežero hidrocheminiam režimui daro jo plotas, gyliai ir tūris. Dideliems ežerams, akumuliuojantiems mažai mineralizuotų poplūdžių vandenį, būdinga mažesnė mineralizacija nei nedideliuose ežeruose. Jų joninė sudėtis taip pat mažiau priklausoma nuo metų laikų kaitos, kai mažųjų ežerų joninis režimas, ypač esant dideliame pratakumui, labai panašus į upių joninį režimą. Be to, nuo ežero dydžio priklauso vandens išilimas, irgi labai stipriai veikiantis ežero biologinių procesų vyksmo intensyvumą.

Vandens cheminei sudėčiai didelę įtaką daro nuotėkio dydis. Jeigu ežeras yra perteklinio drėkinimo zonoje, tai ežero pritekėjimo tūrio perviršis virš išgaruojančio nuo jo paviršiaus tūrio sukuria ežero nuotėkį. Ežerų, turinčių nuotėkį, vandenų mineralizacija paprastai neviršija 200 – 300 mg/l. Kai išgaravimas viršija pritekėjimą nepakankamo drėkinimo sąlygomis, nuotėkio iš ežero nėra ir jame kaupiasi druskos, dėl to padidėja vandens mineralizacija. Kai kuriuose ežeruose mineralinių medžiagų kiekis gali sudaryti iki kelių gramų 1 l vandens. Ežeruose su nuotėkiu skirtingais sezonais (paprastai poplūdžio metu) nenutrūkstamas druskų kaupimas nevyksta, nes padidėjus vandens mineralizacijai, padidėja ir nuotėkio iš jų mineralizacija, ir nusistovi tam tikra pusiausvyra, nustatanti ežero vandens mineralizaciją.

Ežerų vandenų cheminė sudėtis nuolat kinta. Sezoniniai ežero vandens joninės sudėties pokyčiai daugiausia kyla dėl atitinkamų įtekančių intakų vandens sudėties pokyčių. Šių svyravimų lygis labai priklauso nuo ežero dydžio ir jo pratakumo. Jeigu ežero vandens masė didelė ir į jį įteka nedideli intakai, tai sezoniniai ežero vandens joninės sudėties pokyčiai beveik nepastebimi. Nedideliuose pratakiniuose ežeruose, ypač, kai įtekančių intakų vandeningumas yra reikšmingas, vandens mineralinė sudėtis priklausomai nuo sezono gali labai svyruoti.

Atsižvelgiant į ežero ypatumus (plotą, gylį, pratakumą) jo vandenų cheminė sudėtis gali skirtis skirtingose vietose ir skirtingame gylyje. Viena iš ežero vandens cheminės sudėties nevienalytiškumo priežasčių gali būti skirtinga intakų vandens sudėtis. Vandens cheminės sudėties nevienalytiškumo priklausomai nuo gylio priežastys yra vandens temperatūros kitimas keičiantis gyliui bei skirtingas fizikinių, cheminių ir biologinių procesų, vykstančių pačio ežero vandens masėje, intensyvumas. Biologinių procesų, vykstančių skirtinguose gyliuose, intensyvumo skirtumai nulemia ir vandenyje ištirpusių dujų ir biogeninių elementų kiekį. Ypač pastebimas ištirpusių dujų kiekio skirtinguose gyliuose nevienalytiškumas. Giliuose ežeruose deguonies pasiskirstymas pagal gylį visiškai priklauso nuo temperatūros. Kitoks vaizdas susidaro stebint dujų pasiskirstymą mažuose, gerai išylančiuose ežeruose, kai juose yra išsivysčiusi praturtinta organinė gyvybė. Juose būdingas staigus deguonies sumažėjimas didėjant gyliui, o kai kuriuose ežeruose prie dugno jis ir visai išnyksta. Tokio deguonies pasiskirstymo priežastis yra ta, kad deguonis tiekiamas tik į paviršinius vandens sluoksnius, o deguonies suvartojimo procesai vyksta per visą ežero storumę.

Ežeruose nevienalytė ir tokių biogenų kaip NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , taip pat P, Si, Fe junginių sudėtis, kurių kiekis atskirose ežero dalyse ir skirtinguose gyliuose priklauso nuo vykstančių biologinių procesų intensyvumo. Intensyvios fotosintezės zonoje biogenų kiekis dažnai tampa artimas nuliui. Priedugnio sluoksnyje dėl organinių medžiagų mineralizacijos biogeninių elementų kiekis gerokai padidėja.

Organinis ežero gyvenimas, darantis didelę įtaką jo hidrocheminiam režimui, yra labai priklausomas nuo cheminės vandens sudėties, visų pirma, nuo esančių cheminių medžiagų, kurios būtinos vandens augmenijai augti. Tai tapo trofinės ežerų klasifikacijos pagrindu. Viena iš pirmųjų ežerų trofinių klasifikacijų yra Thienemano ir Naumano klasifikacija, kurios pagrindą sudaro trys rodikliai: ežero morfometrija; mineralinių maistinių medžiagų N, P, Si, Fe, Ca buvimas per vandens storumę ir fitoplanktono išsivystymo laipsnis. Pagal šią klasifikaciją ežerai skirstomi į tris tipus: *oligotrofiniai*, *eutrofiniai* ir *distrofiniai*. Vėliau šiai klasifikacijai buvo priskirtas ir mezotrofinis ežerų tipas, užimantis tarpinę padėtį tarp oligotrofinių ir eutrofinių ežerų.

Oligotrofiniams ežerams priskiriami ežerai, kuriuose yra nedidelis kiekis biogeninių elementų. Fitoplanktono išsivystymas juose paprastai silpnas. Deguonies kiekis tik nedaug nukrypsta nuo jo normalaus prisotinimo.

Eutrofiniams ežerams būdinga didelė vandens mineralizacija ir jame esantis padidintas kiekis biogeninių medžiagų. Vasarą tokiuose ežeruose vyksta intensyvus fitoplanktono vystymasis, dėl ko paviršiniuose gilių ežerų sluoksniuose dažnai susidaro perteklinis deguonies kiekis, o prie dugno - gan ryškus deguonies trūkumas.

Distrofiniams ežerams būdinga žema mineralizacija, nežymus azoto ir fosforo kiekis, huminių medžiagų gausa ir žemas bioplanktono išsivystymas (5.9 pav.).



5.9. pav. Nedidelis oligotrofinis ežeras (skurdus biogeniniais elementais, vandens huminių rūgščių nudažyti gelsva spalva) MVU Belomorsko biologinės stoties apylinkėse (Šiaurės Karelija, poliarinio rato platumas).

Ši klasifikacija turi šiuos trūkumus: joje neatsižvelgiama į veiksnius, ribojančius naudingą ūkinę biologinę produkciją.

Ežerų bioproductinės savybės priklauso nuo jų morfometrinių ypatumų, tarp kurių didesnę reikšmę turi gyliai. Vandens telkinio gylis nulemia vandens masių vertikaliosios cirkuliacijos intensyvumą, vadinasi, ir vandens aplinkos cheminių veiksnių dinamiką. Pagal pasiūlytą klasifikaciją, ežerai skirstomi į dvi grupes: pirmoji – kai gyliai mažesni nei 35–40 m, antroji – kai gyliai didesni nei 35 – 40 m. Biogeninių medžiagų ir anglies dioksido apytakos intensyvumas šių dviejų grupių ežeruose ganėtinai skiriasi.

Mažai humusuotuose giliuosiuose ežeruose, esančiuose pirmoje Europos teritorijos hidrochemijos zonoje, intensyviausias pirminės organinės fitoplanktono medžiagos gamybos procesas vyksta viršutiniame vandens sluoksnyje, apytiksliai iki 5 m gylio. Mezohumusiniuose ežeruose šis storis mažesnis – apie 4-3 m. Mezotrofiniuose ir eutrofiniuose ežeruose, kurių daugiausia yra mūsų šalies vidutinėse platumose, prie santykinai intensyvaus fitoplanktono vystymosi, trofogeninis sluoksnis sudaro apie 3-23 m, hipereutrofiniuose ežeruose – iki 1 m. Apibendrinta biohidrocheminė ežerų klasifikacija pateikta lentelėje 5.1.

Atliekant tipologinį ežerų grupavimą, nustatius vandens spalvą, būtina atsižvelgti į permanganatinę oksidaciją. Oligotrofinio ir oligohumusinio tipų ežeruose, kurie yra artimi pagal

rodiklius, ji sudaro apie 4-8 mg O/l, mezotrofiniuose ir mezohumusiniuose padidėja iki 12 mg O/l, eutrofiniuose ir polihumusiniuose gali būti ir didesnė. Be to, dar reiktų atkreipti dėmesį į organinės medžiagos pobūdį. Humusuotuose ežeruose organinė medžiaga pirmojoje hidrocheminėje zonoje daugiausia alochtoninės pelkinės kilmės, ežeruose su nespalvotu humusu – alochtoninės ir autochtoninės kilmės.

Didelių ir vidutinio dydžio ežerų vanduo skiriasi maža mineralizacija ir pakankamai dideliu ištirpusio deguonies kiekiu. Pirmosios biocheminės zonos oligotrofiniuose ir mezotrofiniuose ežeruose, biocheminis autochtoninės medžiagos suirimas sudaro apytiksliai 90-95 %, tuo tarpu deguonies prisotinimas artimas normaliam. Šios zonos ežerų biologinės savybės pateiktos 5.2. lentelėje.

5.1. lentelė. Biohidrocheminė ežerų klasifikacija.

Ežerų tipas	Fosforo ir azoto kiekis	Planktono anglies mitybos pobūdis	Deguonies režimas	Planktono paros fotosintezės rodikliai vasarą, mg O ₂ /l
Ežerai su nedažytu vandens humusu				
Oligotrofiniai hidrokarbonatiniai	Visuose oligotrofiniuose vandens telkiniuose azoto kiekis sudaro dešimtąsias dalis, o fosforo kiekis – šimtąsias arba tūkstantąsias dalis mg/l.	Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,05-1,00
Oligotrofiniai hidrokarbonatiniai-karbonatiniai		Hidrokarbonatinis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,05-1,00
Oligotrofiniai chloridiniai		Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,05-1,00
Oligotrofiniai sulfatiniai		Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,05-1,00
Mezotrofiniai hidrokarbonatiniai	Azoto kiekis sudaro dešimtąsias dalis, o fosforo – šimtąsias arba tūkstantąsias dalis mg/l	Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,1-2,0
Eutrofiniai		Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,2-3,0
Mezotrofiniai sulfatiniai arba chloridiniai		Prie pH iki 8 laisvasis arba heterotrofinis CO ₂ , prie pH daugiau nei 8 – hidrokarbonatinis	Arti normalaus prisotinimo	-
Mezotrofiniai hidrokarbonatiniai-karbonatiniai	Apytiksliai penkis kartus daugiau nei aukščiau nurodytų tipų ežerų		Žiemą kyla deguonies trūkumas	0,3-5,0
Eutrofiniai hidrokarbonatiniai-karbonatiniai				1,0-10,0
Hipereutrofiniai hidrokarbonatiniai-karbonatiniai				1,0-12,0

	ežerų			
Ežerai su dažytu vandens humusu				
Oligohumusiniai arba mezohumusiniai oligotrofiniai hidrokarbonatiniai	Fosforo tūkstantosios dalys, azoto – dešimtosios dalys mg/l	Laisvasis CO ₂	Vidutinio dydžio ir dideliuose ežeruose deguonies pakanka faunai	0,05-1,00
Mezohumusiniai mezotrofiniai hidrokarbonatiniai				0,2-1,0
Polihumusiniai oligotrofiniai hidrokarbonatiniai				0,05-0,50

5.2 lentelė. Pirmosios *hidrocheminės zonos ežerų biologinės* savybės.

Ežerų tipas	Bentoso biomasė, kg/ha	Planktono kiekis, tūkst. vnt./m ³
Oligotrofiniai	13	13
Mezotrofiniai	65	25
Eutrofiniai	88	65
Vidutiniškai	55	34
Oligohumusiniai-oligotrofiniai	2	8
Mezohumusiniai mezotrofiniai	26	24
Polihumusiniai oligotrofiniai	7	10
Vidutiniškai	12	14

Pirmoje Europinės dalies hidrocheminėje zonoje pagal kiekį vyrauja mažo trofiškumo ežerai. Prie jų priskiriamas Baikalo ežeras – didžiausias gėlo vandens telkinys, kuriame yra apie 80 % aukštos kokybės gėlo vandens atsargų (5.10 pav.).



5.10. paveikslėlis. Baikalo ežeras.

Be oligotrofinio tipo išskiriami dar trys ežerų tipai, kuriems būdingas mažas trofiškumas, kur vyrauja anijonai HCO_3^- , SO_4^{2-} ir CO_3^{2-} arba Cl^- . Žemas pirminės produkcijos lygis šiuose ežeruose nulemtas ne tik dėl mažo mineralinės formos azoto ir fosforo kiekio, bet ir dėl to, kad anglinis planktono maitinimasis čia daugiausia vyksta hidrokarbonatiniu anglies dioksidu.

Gerokai gausesni pagal savo bioprodukcinis rodiklius yra mezotrofiniai ir eutrofiniai ežerai, esantys antroje hidrocheminėje zonoje. Vidutinė vandens mineralizacija juose apytiksliai 2-2,5 karto didesnė, o zooplanktono ir bentoso biomasė didesnė, nei pirmosios hidrocheminės zonos vandens telkiniuose.

Pagal biologinį produktyvumą visus ežerus ir tvenkinius galima suskirstyti į klases (5.3. lent.).

5.3. lentelė. Ežerų ir tvenkinių klasifikavimas pagal biologinį produktyvumą.

Klasė	Chlorofilas mg/m^3	Fitoplanktonas g/m^3	Pirminė produkcija		Zooplanktonas		Zoobentosas, g/m^2	Ictiomasė	
			g C/m^3 per parą	g C/m^3 per metus	g/m^3	g/m^2		g/m^3	g/m^2
Labai žemas	1,5	0,5	0,12	12,5	0,5	1,25	1,25	0,5	1,25
Žemas	1,5-3	0,5–1	0,12–0,25	12,5–25	0,5-1	1,25–2,5	1,25–2,5	0,5–1	1,25–2,5
Nuosaikus	3–6	1–2	0,25–0,5	25–50	1-2	2,5–5	2,5–5	1–2	2,5–5
Vidutinis	6–12	2–4	0,5–1,0	50–100	2-4	5–10	5–10	2–4	5-10
Padidėjęs	12–24	4–8	1–2	100–200	4,-8	10–20	10–20	4–8	10–20
Aukštas	24–48	8–16	2–4	200–400	8-16	20–40	20–40	8–16	20–40
Labai aukštas	>48	>16	>4	>400	>16	>40	>40	>16	>40

Egzistuoja ir kitokia ežerų klasifikacija, viena iš tokių – terminė. Didžiausią reikšmę turi ežerų terminė klasifikacija, kurioje atsižvelgiama į vidutinę integraliąją viso ežero vandens temperatūrą ir vandens temperatūrų sumą (laipsniai – dienos) vasaros laikotarpiu, kai vandens temperatūra didesnė nei 10 °C. Taip pat didelę reikšmę turi bentalės ir pelagialės eono santykis, nes jis susijęs su zoniniu hidrologinių, hidrocheminių, hidrobiologinių rodiklių ir biologinių procesų intensyvumo pasiskirstymu metų cikle. Pagal S. Katajevo pasiūlytą klasifikaciją, vandens telkiniai skirstomi į tokias klases:

labai šilti – vandens vidutinė temperatūra didesnė nei 20 °C;



šilti – 15–20 °C;

nuosaikiai šalti – 10–15 °C;

šalti – 5–10 °C;

labai šalti – mažiau nei 5 °C.

Be to, nuosaikiosios zonos ežerai, pagal laipsnių dienų sumą, skirstomi i termines grupes:

labai šilti – temperatūrų suma didesnė nei 4000 °C;

šilti – 2000–4000 °C;

nuosaikiai šilti – 1000–2000 °C;

šalti – 500–1000 °C;

labai šalti – mažiau nei 500 °C.

Pagal bentalės ir pelagialės santykį, ežerai skirstomi į tokias termines grupes: *epoterminiai, epimetaterminiai, metaterminiai, metahipoterminiai, hipoterminiai*.

5.3. poskyris. Tvenkiniai ir telkiniai-aušintuvai

Tvenkiniai. Pagal savo hidrocheminį režimą tvenkiniai yra artimi ežerams. Priklausomai nuo baseino tipo, kuriame jie yra įrengiami, tvenkiniai yra skirstomi į: lygumų upių (5.11. pav.), jiems būdingas didelis plotas ir nedideli gyliai; kalnų upių (5.12. pav.) – mažesnių plotų, tačiau gilesni; kalnų ežerų (5.13. pav.) ir lygumų ežerų.



5.11. pav. Lygumų upių tvenkinys ant Nemuno upės (Kauno marios).



5.12. pav. Kalnų upės tvenkinys ant Jangdzės upės (Kinija).



5.13 pav. Kalnų ežero tvenkinys Čarvak (Uzbekistanas).

Tvenkiniams būdingi ypatumai: savita vandens sudėtis pirmosios fazės po užtvenkimo metu; reikšminga upės, kurios vaga užtvenkta, hidrocheminio režimo įtaka; galimybė reguliuoti tvenkinio nuotėkj.

Pirmosios fazės savitumas pagrįstas tuo, jog užtvenkus upę, yra užtvenkiamas didelis sausumos plotas ir dėl to nuo dirvožemio paviršiaus nuplaunami dideli kiekiai ištirpusių organinių ir neorganinių produktų. Be to, pasikeičia hidrologinės sąlygos (išgaravimas, temperatūra, gruntinio maitinimo intensyvumas) dėl perėjimo iš upės režimo į ežero režimą. Todėl pirmuoju laikotarpiu vyksta tam tikras mineralizacijos padidėjimas dėl išplaunamų į

dirvožemį susigėrusių jonų. Be to, mineralizacijos padidėjimui įtaką daro ir padidėjęs išgaravimas. Vėliau hidrocheminių procesų intensyvumas ir kryptingumas daugiausiai priklauso nuo fizinių-cheminių sąlygų. Tvenkinyje, esančiame perteklinio drėkinimo zonoje ir turinčiame nuolatinį nuotėkį, po mineralizacijos padidėjimo dėl poplūdžio vandenų akumuliacijos vyks jos sumažėjimas. Sausringame klimato vyksta reikšmingi vandens cheminės sudėties pokyčiai. Dėl vandens paviršiaus ir vandens temperatūros padidėjimo sustiprės išgaravimas, dėl kurio tvenkinio nuotėkis gali tapti tik periodinis arba netgi visai nutrūkti, ir tokiu būdu susidarys sąlygos druskų kaupimuisi bei tvenkinio vandens mineralizacijos padidėjimui.

Užtvindžius didelį plotą augalijos ir dirvožemio dangą, vanduo praturtinamas organinėmis medžiagomis, todėl suintensyvėja jame vykstančių biologinių procesų vyksmas, kurį taip pat skatina paviršinių vandens sluoksnių išsilimas. Paviršiniuose sluoksniuose vykstant fotosintezai dažnai pastebimas visiškai anglies monoksido išnykimas ir vandens persotinimas deguonimi, ir atvirkščiai, giluminiuose sluoksniuose deguonies kiekis gali staigiai sumažėti. Intensyvėjant biologiniams procesams, padidėja biogeninių elementų kiekis, tačiau jų kiekis metų eigoje ir net per parą labai stipriai svyruoja.

Tvenkinių hidrocheminis režimas priklauso nuo jų pratakumo. Esant mažam pratakumui jis tampa artimas nenuotakinių vandens telkinių režimui, o esant reikšmingam pratakumui – vandentakių režimui. Yra sukurta kompleksinė tvenkinių, esančių skirtingose mūsų šalies gamtos zonose, klasifikacija (5.4. lentelė).

Pagal biohidrocheminius rodiklius tvenkiniai skirstomi į 12 tipologinių grupių. Pirmajai hidrocheminei zonai priskiriami 3, antrajai – 4, o trečiajai – 2 tvenkinių tipai. Ketvirtojoje zonoje išskiriami 2, o pietinių kalnų landšaftuose – 1 tipas. Beveik visiems pirmosios zonos tvenkiniams būdinga labai maža vandens mineralizacija (paprastai, ne daugiau 100 mg/l), labai mažas azoto ir fosforo kiekiais, žemas fitoplanktono fotosintezės lygis.

Vandens tvenkiniuose, atsiradusiuose pastačius užtvanką ant lygumų upių, biohidrocheminės sąlygos yra kitokios nei upėse. Fitoplanktono fotosintezės intensyvumas gali būti dešimtis kartų didesnis, o bendroji vandens mineralizacija padidėja priklausomai nuo hidrocheminės zonos.

5.4. lentelė. Tvenkinių biohidrocheminiai tipai.

Tipai	Fosforo ir azoto kiekis	Planktono anglies mitybos pobūdis	Deguonies režimas	Planktono paros fotosintezės rodikliai vasarą, mg O ₂ /l
Pirmoji hidrocheminė zona. Vandens telkiniai su nenudažytu vandens humusu				
Oligohumusiniai arba	Azoto kiekis	Laisvasis anglies	Arti	0,05– 0,50

mezohumusiniai ultraoligotrofiniai	sudaro dešimtąsias	dioksidas	normalaus prisotinimo	
Mezohumusiniai, oligotrofiniai arba mezotrofiniai	dalis, o fosforo – šimtąsias ar tūkstantąsias	Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,1–1,0
Polihumusiniai oligotrofiniai arba mezotrofiniai	dalis mg/l	Laisvasis anglies dioksidas	Arti normalaus prisotinimo	0,1–1,0
Antroji hidrocheminė zona. Vandens telkiniai su nudažytu vandens humusu				
Polihumusiniai mezotrofiniai	Azotas 0,35 – 0,45, o fosforas 0,12 – 0,15 mg/l	Prie pH iki 8 laisvasis arba heterotrofinis CO ₂ ,	Paprastai, deguonies režimas	0,5–5,0
Mezohumusiniai mezotrofiniai	Azoto iki 0,94, fosforo – 0,07 mg/l	prie pH didesnis nei 8 – hidrokarbonatinis	palankus faunai, žiemos metu seklumose atsiranda deguonies trūkumas	0,5–8,0
Vandens telkiniai su nenudažytu vandens humusu				
Mezotrofiniai	Azoto iki 0,94, fosforo iki 0,07 mg/l	Prie pH iki 8 laisvasis arba heterotrofinis CO ₂ ,	Paprastai, deguonies režimas	1–10
Eutrofiniai	Azoto – iki 1,1 – 1,5, fosforo iki 0,05-0,22 mg/l	prie pH daugiau nei 8 – hidrokarbonatinis	faunai palankus žiema, seklumose atsiranda deguonies trūkumas	1–15
Trečioji hidrocheminė zona				
Ultraeutrofiniai	Azoto iki 1,1-1,5, fosforo iki 0,05- 0,22 mg/l	Prie pH iki 8 laisvasis arba heterotrofinis CO ₂ ,	Paprastai, deguonies režimas faunai palankus žiema, seklumose atsiranda deguonies trūkumas, o vasarą prie dugno žydint vandeniui	1–20

Vandens telkinys-aušintuvas – tvenkinys, specialiai sukurtas, siekiant sumažinti termifikacinių (TE) ir atominių (AE) elektrinių (5.14. ir 5.15. pav.) naudojamo vandens temperatūrą šilumos perdavimo įrangos (kondensatorių) aušinimo sistemose. Telkiniai-aušintuvai sukuriama paverčiant nedidelį ežerą į daubos tipo tvenkinį, užtvanka atskiriant didelio

telkinio akvatorijos dalį arba pylimu – pažemintą salpos dalį. Kaip telkiniai-aušintuvai yra naudojami ir dideli ežerai arba sudėtinės paskirties tvenkiniai, tačiau tokiu atveju vietoje cirkuliacinės (vandens apytakinės) aušinimo sistemos TE ir AE, taikoma tiesioginio aušinimo sistema: vanduo į aušinimo sistemą paimamas iš vienos telkinio dalies, o pašildytas vanduo išleidžiamas kitoje jo dalyje. Vietinis vandens temperatūros padidėjimas tokiuose telkiniuose priklauso nuo grąžinamo vandens kiekio ir jo temperatūros. Jis gali apimti dešimčių kvadratiųjų kilometrų akvatorijos plotą. Grąžinamo pašildyto vandens įtakos zonoje vasarą sustiprėja tiesioginė terminė vandens stratifikacija, išliekanti ir žiemą. Pašildyto vandens išleidimo vietoje susidaro skirtingo tankio srovių sistema su priedugnio kompensacine srove. Žiemą dauguma nedidelių aušinimo telkinių nepadengiami ledu. Dideliuose užšalantiuose telkiniuose pašildyto vandens išleidimo rajone visą žiemą yra properša, kurios dydis keičiasi priklausomai nuo oro sąlygų. Jos periferijoje gali atsirasti antropogeninė šilumos juosta, neleidžianti užterštiems vandenims pasklisti ir atsiskiesti polediniame telkinio sluoksnyje. Siauroje tokios šiluminės juostos zonoje vyksta intensyvus pašildyto vandens maišymasis su telkinio poledinio sluoksnio vandeniu. Dėl tankio padidėjimo, vandeniui maišantis šilumos juostos zonoje (siaura vertikali zona, kuri skiria vandens telkinį į dvi šiluminės zonas: termoaktyviąją ir termoinertinę su skirtingomis vertikaliomis terminėmis stratifikacijos rūšimis), vyksta jos leidimasis į dugną, kur ji tėkme plinta pagal ežero dugno nuolydį, užpildydama jo nišas. Tuo pačiu atsiranda telkinio vandens stovymės susisluoksniavimas pagal tankį ir cheminę sudėtį, panašiai kaip meromiktiniame telkinyje, kuriame beveik nevyksta vandens cirkuliacija tarp skirtingos mineralizacijos sluoksnių. Pašildyto vandens plitimo zonoje neretai pasikeičia vandens organizmų bendrijos sudėtis dėl padidėjusios hidrobiontų rūšių įvairovės. Čia vandens augalų fotosintezė tampa intensyvesnė (iki 20 % vandeniui sušilus $^{\circ}\text{C}$), dėl ko 10–25 % padidėja ištirpęs deguonies kiekis trofogeniniame sluoksnyje. Padidėja fitoplanktono biomasė (iki 400 mg/l ir daugiau), mikrofitoplanktono (iki 4–5 kartų) ir makrofitų (1,5–2 kartus). Pastebimas mikrofloros ir zooplanktono priedugnio sluoksniuose gausos padidėjimas; stipriai padidėja organinių medžiagų destrukcija, dėl to pagerėja vandens apšalimas nuo alochtoninių medžiagų; paspartėja neršto substrato dumblių, žuvų nerštas paankstėja, pailgėja mailiaus maitinimosi laikotarpis. Remiantis skirtingų tyrinėtojų duomenimis, vandens temperatūrai pakilus iki 27–35 $^{\circ}\text{C}$, daugeliui vandens augalų ir gyvūnų rūšių ji tampa kritinė riba, prie kurios jų gyvybingumas sulėtėja, o esant ilgesniam poveikiui – hidrobiontai žūva. Pašildyto vandens išleidimo zonoje pagreitėja bakterijų, tarp jų ir patogeninių bakterijų, augimas; prie 35–40 $^{\circ}\text{C}$ temperatūros užauga vidurių bakterijos, ko nebūna telkinyje, esant įprastai temperatūrai. Šios bakterijos gali paplsti dideliu atstumu, išsaugodamos virulentiškumą ir išskirdamos toksinus. Tokioje zonoje padidėja kai kurių pesticidų toksinis veikimas, neretai aptinkamos medžiagos,

naudojamos ruošiant vandenį ir chemiškai valant kondensatorių paviršių (oksidatoriai, algicidai, biocidai, plėvelę sudarantys aminorai, inhibitoriai ir pan.).

Dėl išvardytos vandens cheminės bakteriologinės sudėties, antropogeninių pokyčių ir pašildytų vandenų plitimo zonų eutrofikacijos požymių, taip pat fenologinių reiškinių poslinkio (ankstyvasis hidrobiologinis pavasaris ir vėlyvasis ruduo, švelni be ledo žiema, vandens temperatūrai esant 3–5 °C, prie kurios, vis dėlto, vandens gyvūnų dauginimasis neįmanomas), pašildyto vandens išleidimas pradėtas laikyti šilumine vandens objektų tarša, kuri ypač pavojinga vandens ekosistemai. Pašildyto vandens plitimo zonoje nurodytos temperatūrinio ir dinaminio režimo kitimo ir su juo susijusio vandens sistemų persitvarkymo tendencijos visiškai pasireiškia ir specialiai pastatytuose TE ir AE telkiniuose-aušintuvuose. Šių telkinių akvatorijos plotas, paprastai, neviršija 20 km², didžiausias gylis – ne didesnis nei 20 m, vidutinis metinis vandens apytakos koeficientas, paprastai, didelis – iki 50-100 metų⁻¹. Vandens aušinimas telkiniuose-aušintuvuose vyksta dėl jo garavimo, efektyviojo spinduliavimo ir vandens paviršiaus (kuris liečiasi su atmosferos sluoksniu) turbulentinio šilumos perdavimo. Aušinamojo paviršiaus šilumos perdavimas vyksta dėl konvekcijos ir dinaminio vandens maišymosi cirkuliacinėje srovėje (su išleidžiamu vandeniu iki 100 m³/s ir didesniu), taip pat sūkurinėse zonose. Siekiant sukelti intensyvesnį šilumos perdavimą, įrengiamos srovę nukreipiančios užtvankos. Tokiuose tvenkiniuose pašildytam vandeniui išleisti iš aušinimo sistemų statomi hidrotechniniai įrenginiai. Tokie įrenginiai taip pat statomi ataušintam vandeniui įsiurbti į šias sistemas, išgaravusio ir filtruojamo telkinio vandens tūriui papildyti, taip pat vandeniui išleisti ir jam „prapūsti“, t. y. telkiniuose-aušintuvuose visiškai arba iš dalies keičiant vandenį į vandeningąją nuotėkio fazę, siekiant užkirsti kelią nuolatiniam vandens mineralizacijos augimui. Toks būdas vandens telkiniams suteikia specifinį temperatūros režimą, kuris palankiai veikia jų eutrofikaciją, bet pablogina jų sanitarinę būklę. Be to, telkiniai-aušintuvai dažnai naudojami žuvivaisai, tada vandens užvėrimo įrenginiuose įrengiami skirtingų konstrukcijų žuvų apsaugos įtaisai. Telkinių-aušintuvų vandens cheminė sudėtis priklauso nuo jų tūrio ir metų laiko.



5.14. pav. Balakovo AE telkinys-aušintuvas (Saratovo sritis).



5.15. pav. Černobylio AE telkinys-aušintuvas.

Telkiniai-aušintuvai, esantys skirtingose dirvožemio ir klimato zonose, apibūdinami pagal skirtingas ir savitas hidrochemines sąlygas. Esant žemai (iki 100 mg/l) ir vidutinei (iki 500 mg/l) pašildytų vandenių (kurie buvusių aušinimo sistemoje keletą minučių) mineralizacijai joninė druskų sudėtis negali būti iš esmės keičiama.

Vidutinio dydžio ir dideliuose telkiniuose Rusijos šiaurės vakarinėje dalyje ir vidutinėse platumose dirbtinis viso vandens stovymės pašildymas – 2-3 °C (išskyrus vietinį temperatūros

padidėjimą) negali stipriai neigiamai paveikti telkinių-aušintuvų. Nedideliuose telkiniuose-aušintuvuose, esančiuose rajonuose, kuriuose yra nepakankamas drėkinimas, pernelyg didelis papildomas vandens temperatūros padidėjimas vasarą daro reikšmingą poveikį hidrocheminiam režimui. Ukrainos telkinių-aušintuvų vandens mineralizacija svyruoja nuo 418 iki 273 mg/l. Vasarą vanduo yra šarminis, su pertekliniu CaCO_3 kiekiu. Pirminės organinės medžiagos produkcijos procesas vyksta fitoplanktonui naudojant hidrokarbonatinį anglies dioksidą ir CO_2 , kuris patenka į vandens storumę iš dugno nuosėdų jas maišant vėjui.

5.4. poskyris. Žuvivaisos tvenkiniai

Savitas yra tvenkinių, naudojamų žuvų veisimui, hidrocheminis režimas. Tai santykinai maži telkiniai, nedidelio vandens veidrodžio ploto, reguliariai nusausinami skirtingais metų laikais. Žuvivaisos tvenkinių dirvožemiui ir vandeniui poveikį daro žmogaus ūkinė veikla. Dėl intensyvumą skatinančių priemonių taikymo ir, visų pirma, trąšų naudojimo, tvenkinyje padidėja ne tik biogeninių medžiagų kiekis, bet ir dėsningai keičiasi hidrocheminis tvenkinių režimas: padidėja vandens vandenilio rodiklis, deguonies kiekis (šviesiu paros metu), keičiasi fizinės vandens savybės, pavyzdžiui, padidėja jo spalvingumas, sumažėja skaidrumas. Vyksta vandens oksidacijos padidėjimas.

Dėl didelio žuvų kiekio (ploto vienetui) laikymo ir su tuo susijusio padidinto šėrimo, tvenkiniai tampa savitais telkiniais su specifiniu hidrocheminiu režimu. Dėl aukšto intensyvumo lygio, paprastai, pažeidžiama biotinė tvenkinio ekosistemos pusiausvyra, sukeliama nepageidaujamos pasėkmės, taip pat ir žuvų uždusimas.

Pagrindinė tokių tvenkinių ypatybė yra nuolat į vandenį patenkanti, lengvai yrant organinė medžiaga – pašarų likučiai ir žuvų ekskrementai. Organinių likučių irimas sustiprina oksidavimo procesus. Kelis kartus išauga deguonies poreikis mineralizuoti metabolizmo produktus. Todėl deguonies kiekis per parą stipriai svyruoja. Ryte gali būti pastebimas deguonies trūkumas. Deguonies trūkumas gali kilti ir dėl paros fotosintezės intensyvumo pokyčių, dėl to stipriai apribojami destruktiniai procesai. Kita vertus, karpiams rausiantis ir ieškant maisto, sukyla dumblas – tai pagreitina dugno nuosėdų mineralizaciją. Regeneruojant organinėms medžiagoms, didėja biogeninių elementų kiekis, todėl neretai tvenkiniai gausiai žydi net naudojant mineralines trąšas. Intensyviai eksploatuojamuose tvenkiniuose azoto ir fosforo kiekis priklauso ir nuo daugelio kitų veiksnių, tačiau labiausiai priklauso nuo meteorologinių sąlygų. Taigi, melioracijos darbų atlikimas tvenkiniuose (nusausinimas žiemos periodu, vasarą ir kita veikla) taip pat daro didelį poveikį vandens cheminei sudėčiai.

Žuvivaisos tvenkinių hidrocheminį režimą, kuris labai priklauso nuo laikomos žuvies tankio (5.5. lent.), skirtingai nei ežeruose ir dirbtiniuose vandens telkiniuose, gali reguliuoti žmogus.

5.5. lentelė. Sezono vidurio tvenkinių hidrocheminio režimo rodikliai prie skirtingų įžuvinimo tankių.

Rodikliai	Žuvų laikymo tankis, tūkst. vnt./ha			
	10	50	100	200
pH	7,3	7,6	7,6	7,7
Deguonis, mg/l	8,7	9,1	8,3	6,6
Permanganato oksidacija, mg O/l	10,3	11,2	14,1	19,4
Amonio azotas, mg/l	0,15	0,35	0,51	0,93
Nitratų azotas, mg/l	0,22	0,3	0,37	0,54
Nitritų azotas, mg/l	0,01	0,01	0,03	0,005
Fosfatai, mg/l	0,02	0,05	0,15	0,11
Geležis, mg/l	0,07	0,06	0,08	0,10

Padidinus laikomos žuvies tankį, pirmiausia padidėja vandens oksidavimasis, padidėja biogeninių elementų kiekis. Padidėjus organinių medžiagų kiekiui vandenyje, pasikeičia tvenkinio deguonies režimas, ir vidutinis deguonies kiekis tvenkiniuose gerokai sumažėja.

6 SKYRIUS. HIDROCHEMINIŲ RODIKLIŲ KONTROLĖS YPATUMAI UŽDAROSE RECIRKULIACINĖSE SISTEMOSE

Pagrindinis tikslas – suformuoti supratimą apie uždarų recirkuliacinių sistemų hidrocheminių rodiklių kontrolės ir valdymo svarbą.

Tikslai:

1. Išnagrinėti pagrindinius hidrocheminius rodiklius, lemiančius uždarų recirkuliacinių sistemų efektyvų veikimą.
2. Išnagrinėti cheminius procesus, vykstančius vandens sistemų biologinio valymo metu.
3. Išnagrinėti veiksnius, darančius poveikį biofiltrų darbo efektyvumui.
4. Išnagrinėti degazacijos ir aeracijos reikšmę efektyviam sistemų darbui.
5. Išnagrinėti vandens oksigenacijos reikšmę žuvų auginimui.
6. Išnagrinėti ultravioletinės spinduliuotės taikymą patogeninių mikroorganizmų vystymuisi slopinti sistemų vandenyje.
7. Išnagrinėti žuvų veisimui optimalios vandens temperatūros palaikymo būdus.
8. Išnagrinėti vandens vandenilio jonų kiekio kontrolės reikšmę efektyviam žuvų komplekso eksploatavimui.
9. Išnagrinėti uždarų recirkuliacinių sistemų hidrocheminių rodiklių stebėjimo būdus.
10. Išnagrinėti į žuvivaisos sistemas tiekiamo vandens cheminės sudėties reikšmę.

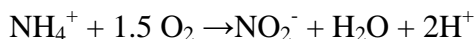
6.1. poskyris. Bendrosios nuostatos

Akvakultūros auginimo uždarose recirkuliacinėse sistemose (URS) pranašumas – optimalių vandens aplinkos rodiklių, užtikrinančių žuvies organizmo gyvybingumą (ypač ankstyvosiose ontogenezės stadijose) palaikymas.

Auginant žuvis valdomomis sąlygomis būtina atsižvelgti į abiotinius veiksnius. Vandens aplinka specializuotose sistemose ir įrenginiuose yra formuojama veikiant šiems veiksniams: į sistemą tiekiamo vandens kokybės ir sudėties, temperatūros, hidrocheminio ir deguonies režimo reguliavimo. Gebėjimas tiksliai nustatyti vandens aplinkos parametrus bei galimybė juos valdyti nulemia sistemos bendrąjį produktyvumą, kuris vertinamas pagal galutinę žuvies produkciją.

6.2. poskyris. Biologinio valymo procesai

Uždarose recirkuliacinėse sistemose mechaninis filtras nepašalina visų organinių medžiagų. Pačios mažiausios dalelės, tokios kaip fosfatas arba azotas, praeina pro filtrą taip pat, kaip ir ištirpusios medžiagos. Fosfatas yra inertinė medžiaga be toksinio poveikio, bet laisvosios formos amoniako (NH_3) azotas yra toksiškas, todėl biofiltre turi būti paverstas nekenksmingu nitratu. Organinių medžiagų ir amoniako skaidymas yra biologinis procesas, kurį įgyvendina biofiltro bakterijos. Heterotrofinės bakterijos oksiduoja organines medžiagas, naudodamos deguonį ir pagamindamos anglies dvideginį, amoniaką ir šlamą. Nitrinimo bakterijos amoniaką paverčia nitritu, o paskui nitratu pagal tokią schemą:



Biofiltravimo efektyvumas labiausiai priklauso nuo šių veiksnių:

- sistemos vandens temperatūros;
- sistemos pH lygio.

Kad būtų pasiektas priimtinas nitrifikacijos greitis, vandens temperatūra turi būti tarp 10-35 °C (optimali apie 30 °C), o pH lygis - tarp 7 ir 8. Vandens temperatūra dažniausiai priklauso nuo auginamos rūšies ir nėra nustatoma taip, kad būtų užtikrintas optimaliausias nitrifikacijos greitis, bet taip, kad būtų užtikrinamos optimalios ribos žuvims auginti. Taip pat labai svarbu reguliuoti pH pagal biofiltro efektyvumą, kadangi dėl mažo pH lygio sumažėja biofiltravimo efektyvumas. Todėl, norint pasiekti didelį bakterinės nitrifikacijos greitį, pH turi būti palaikomas didesnis nei 7. Kita vertus, aukštesnis pH sukelia nuolatinį laisvojo amoniako (NH_3) kiekio didėjimą, dėl kurio padidėja toksinis poveikis. Taigi būtina rasti pusiausvyrą tarp šių dviejų priešingų pH reguliavimo tikslų. Rekomenduojama vertė yra tarp pH 7,0 ir pH 7,5. pH vertę vandens valymo sistemoje nulemia šie pagrindiniai veiksniai:

- anglies dvideginis (CO_2), sukuriamas žuvų bei dėl biofiltro biologinio aktyvumo;
- rūgštis, sukuriama nitrifikacijos proceso metu.

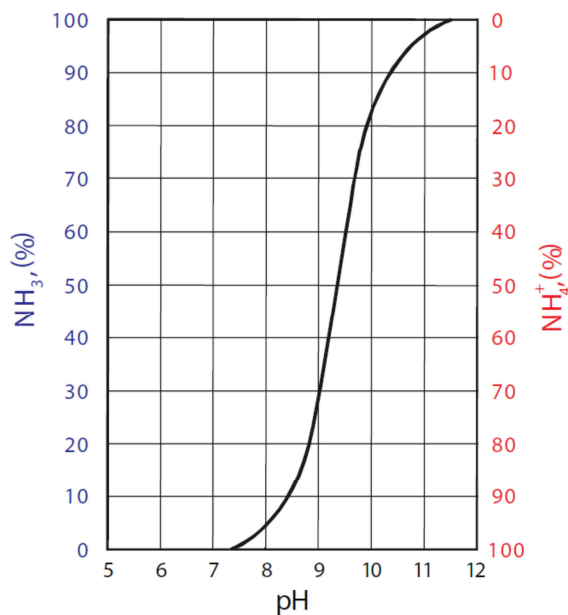
CO_2 pašalinamas aeruojant vandenį, be to, šioje stadijoje vyksta ir degazacija. Šis procesas gali būti atliekamas skirtingais būdais, kurie yra aprašyti toliau šiame skyriuje.

Nitrifikacijos proceso metu susidaro rūgštis (H^+), sumažinanti pH lygį.

Tam, kad pH stabilizuotųsi, reikia pridėti kokią nors bazę. Dėl to į vandenį dedama kalkių, natrio hidroksido arba kitos bazės.

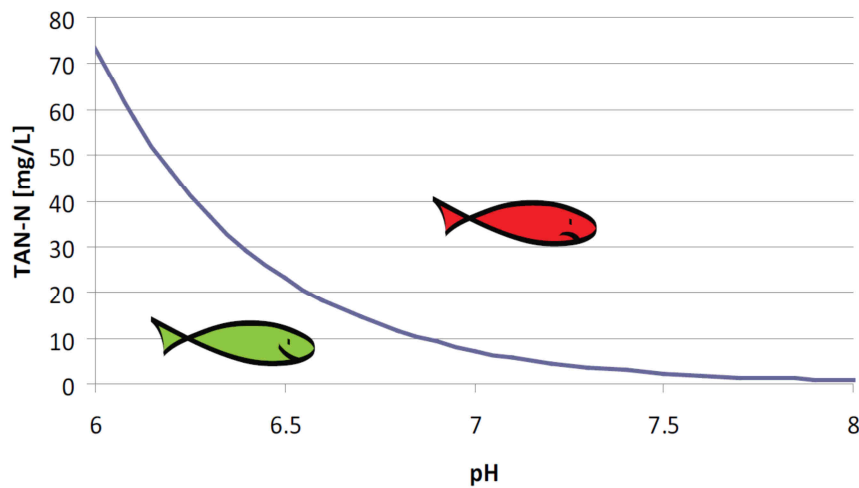
Žuvis išskiria amoniako ir amonio mišinį (bendrasis amonio azotas (TAN) = amonis (NH_4^+) + amoniakas (NH_3)); didžiąją šių išskyrų dalį sudaro amoniakas. Tačiau amoniako kiekis vandenyje priklauso nuo pH reikšmės, kaip matyti 6.1. paveikslėlyje, kuriame pavaizduota

pusiausvyra tarp amoniako (NH_3) ir amonio (NH_4^+). Paprastai amoniakas yra toksiškas žuvis, kai jo kiekis viršija 0,02 mg/l. 6.2. paveikslėlyje pavaizduotos maksimali leistina TAN koncentracija, prie kurių amoniako lygis lieka mažesnis nei 0,2 mg/l. Nors mažesnės pH reikšmės iki minimumo sumažina riziką viršyti toksiško amoniako lygį 0,2 mg/l, dėl didesnio biofiltro efektyvumo žuvininkystės ūkiams rekomenduojama pasiekti bent pH = 7 lygį. Kaip galima suprasti iš paveikslėlio, tokiu atveju bendra leistina TAN koncentracija ženkliai sumažėja. Nitritas (NO_2^-) susidaro tarpinėje nitrifikacijos proceso stadijoje ir yra toksiškas žuvis, kai jo lygis viršija 2 mg/l. Jeigu žuvis, laikomos URS, gaudo orą, nors deguonies koncentracija yra tinkama, to priežastis gali būti didelė nitrito koncentracija. Esant didelei koncentracijai, nitritas pro žiaunas patenka į žuvų kraują, kur trukdo pasisavinti deguonį. Į vandenį įdėjus druskos (NaCl), net esant jos tokiai mažai koncentracijai kaip 0,3‰, nitrito įsisavinimas yra blokuojamas.



6.1. pav. Amoniako (NH_3) ir amonio (NH_4^+) pusiausvyra esant 20 °C temperatūros. Kai pH mažesnis nei 7, toksiško amoniako nėra, tačiau didėjant pH, jo lygis didėja greitai.

Šaltinis: Jacob Bregnballe „Guide to Recirculation Aquaculture“. 2010. Kopenhaga



6.2. pav. Santykis tarp išmatuoto pH ir TAN kiekio, kuris gali būti išskaidytas biofiltre, kai toksiško amoniako koncentracija – 0,02 mg/l.

Šaltinis: Jacob Bregnballe „Guide to Recirculation Aquaculture“. 2010 Kopenhaga

Nitratas yra galutinis nitrifikacijos proceso produktas ir, nors ir laikomas nekenksmingu, didesni jo kiekiai (daugiau nei 100 mg/l) gali neigiamai paveikti augimą ir šėrimo efektyvumą. Jeigu sistema šviežiu vandeniu papildoma minimaliai, nitratas kaupiasi ir gali pasiekti neleistino (aukšto) lygio ribą. Vienas iš būdų neleisti kauptis nitratai yra padidinti šviežio vandens apytaką, dėl kurios didelė koncentracija atskiedžiama iki žemesnio ir nekenksmingo lygio. Kita vertus, pagrindinė recirkuliacijos idėja yra vandens taupymas. Kai kuriais atvejais vandens taupymas yra svarbiausias tikslas. Tokiais atvejais nitrato koncentraciją galima sumažinti denitrifikuojant. Normaliomis sąlygomis, kai sunaudojama daugiau nei 300 l vandens vienam kilogramui naudojamo pašaro, to užtenka, kad nitratas būtų atskiestas. Jeigu sunaudojama mažiau nei 300 l vandens vienam sunaudoto pašaro kilogramui, tai reikėtų apsvarstyti galimybę naudoti denitrifikaciją.

Labiausiai paplitusios denitrikuojančios bakterijos vadinamos *Pseudomonas*. Denitrifikacija – tai anaerobinis (vykstantis be deguonies) procesas, kurio metu nitratas atstatomas iki atmosferinio azoto. Iš esmės, šio proceso metu azotas yra pašalinamas iš vandens į atmosferą, taip sumažinant azoto apkrovą aplinkoje. Šiam procesui reikalingas organinės medžiagos (anglies) šaltinis, pavyzdžiui, medienos alkoholis (metanolis), kurio dedama į denitrifikacijos kamerą. Praktikoje vieno nitrato kilogramo (NO_3^- -N) denitrifikacijai reikia 2,5 kg metanolio. Denitrifikacijos kamera dažniausiai aprūpinama biofiltravimo užpildu, kurio projektinis išlaikymo laikas 2-4 val. Vandens sunaudojimas turi būti reguliuojamas taip, kad deguonies koncentracija prie vandens išleidimo angos būtų apie 1 mg/l. Jeigu deguonies kiekis visiškai išsenka, pradedamas dideliais kiekiais gaminti vandenilio sulfidas (H_2S), kuris yra

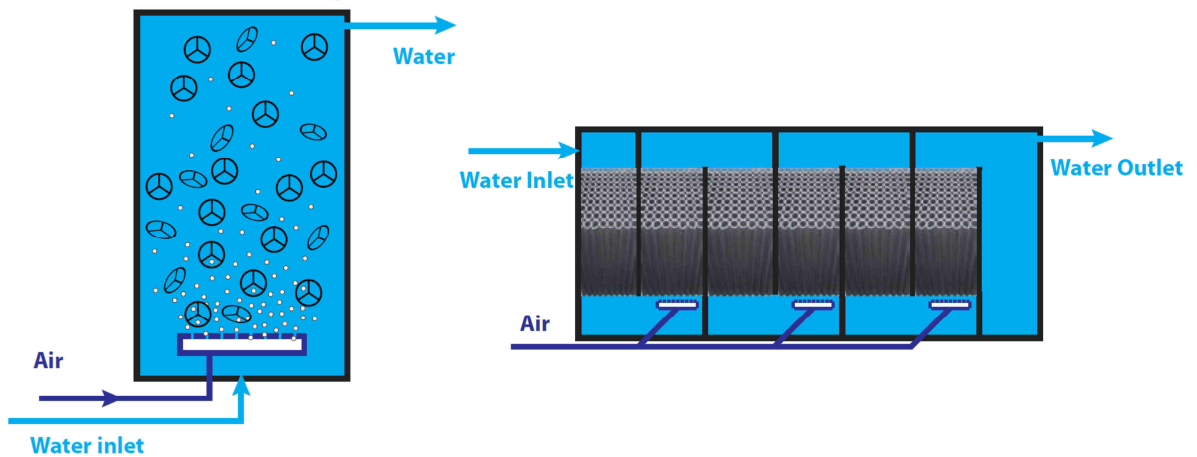
išskirtinai toksiškas žuvims bei turi supuvusio kiaušinio kvapą. Proceso metu pagaminamas didelis kiekis šlamo, todėl yra būtinas atvirkštinis bloko plovimas, kuris paprastai atliekamas kartą per savaitę.

Biofiltruose dažniausiai naudojamas didelio paviršiaus ploto (tenkančio vienam biofiltro tūrio vienetui) plastmasinis užpildas. Bakterijos auga ant užpildo, suformuodamos ploną plėvelę ir užimdamos labai didelį plotą. Gerai suprojektuotame biofiltre paviršiaus plotas, tenkantis vienam tūrio vienetui, turi būti kaip galima didesnis, tačiau biofiltras neturi būti užpildytas per daug sandariai, kad eksploatavimo metu nepersipildytų organine medžiaga. Todėl svarbu turėti daug laisvos erdvės, per kurią galėtų tekėti vanduo. Taip pat svarbu, kad būtų gera tekė pro biofiltrą ir tinkama atvirkštinio praplovimo procedūra. Atvirkštinis praplovimas turi būti taikomas tinkamu laiko intervalu, kartą per savaitę ar mėnesį, priklausomai nuo filtro apkrovos. Suspausto oru filtre sukuriama turbulencija, kuri atplėšia organinę medžiagą nuo užpildo. Praplovimo metu vanduo atjungiamas nuo biofiltro. Nešvarus vanduo išleidžiamas iš biofiltro ir pašalinamas prieš jį pakartotinai prijungiant prie sistemos.

URS biofiltrai gali būti suprojektuoti kaip filtrai su plaukiojančia arba stacionaria įkrova. Visi biofiltrai, dabar naudojami recirkuliacijoje, eksploatavimo metu visiškai panardinami į vandenį. Stacionarios įkrovos filtruose plastmasinis užpildas yra užfiksuotas ir nejuda. Vanduo teka pro jį laminarine tėkme ir liečiasi su bakterine plėvele. Plaukiojančia įkrovos filtruose plastmasinis užpildas juda vandenyje, esančiame biofiltro viduje, dėl tėkmės, kurią sukuria į vidų pučiamas oras. Dėl nuolatinio užpildo judėjimo, plaukiojančios įkrovos filtrai gali būti užpildyti sandariau, nei stacionarios įkrovos filtrai, o tai leidžia pasiekti didesnę vandens apytakos greitį vienam biofiltro tūrio vienetui. Tačiau vandens apytakos greitis, tenkantis vienam filtro ploto vienetui, beveik nesiskiria, kadangi bakterinės plėvelės efektyvumas dviejų tipų filtruose daugiau ar mažiau vienodas. Kita vertus, stacionarios įkrovos filtrai pašalina ir smulkias organines daleles, kadangi jos prilimpa prie bakterinės plėvelės. Todėl stacionarios įkrovos filtrai taip pat veikia kaip smulkūs mechaniniai filtrai, pašalinantys mikroskopinio dydžio organines medžiagas ir išvalantys vandenį labai efektyviai. Plaukiojančios įkrovos filtruose toks efektas – negaunamas, kadangi nuolat turbulentiškai judantis vanduo neleidžia dalelėms užsilaikyti ant paviršiaus.

Bet kurioje sistemoje galima naudoti abu filtravimo būdus. Juos taip pat galima kombinuoti, taupant vietą ir naudojant plaukiojančią įkrovą, o stacionarią – dėl dalelių sulaikymo paviršiuje efekto. Galimi įvairūs biofiltravimo sistemų galutiniai sprendimai, priklausomai nuo ūkio dydžio, žuvivaisos organizmų, žuvų dydžio ir pan.

Siekiant intensyvaus žuvų auginimo ir nenutrūkstamo biologinio filtro darbo režimo, reikia atsižvelgti ne tik į pH reikšmę, bet ir į tokius veiksnius, kaip šarmingumas, kietumas, suspenduotų kietųjų dalelių, sulfatų, chloridų kiekis, taip pat nitratų ir nitritų kiekis.



Pavadinimai: air – oras; water inlet – vandens įleidimo anga; water outlet – vandens išleidimo anga.

6.3. pav. Plaukiojančios (kairėje) ir stacionarios (dešinėje) įkrovos biofiltrai.

Šaltinis: Jacob Bregnballe „Guide to Recirculation Aquaculture“. 2010. Kopenhaga

Vienas iš svarbiausių veiksnių tolesniam uždaros recirkuliacijos sistemos naudojimui yra biofiltro paleidimo laikotarpis. Paleidimo metu formuojasi aktyvaus dumblo biocenozė, dėl kurios hidrocheminis sistemos režimas tampa optimizuotas. Remiantis įvairių autorių duomenimis, biofiltrai, apgyvendinti nitrinimo bakterijų kolonijomis, visu pajėgumu pradeda veikti vidutiniškai po 10-11 parų, o visiškai nauji biofiltrai – po 22-23 parų.

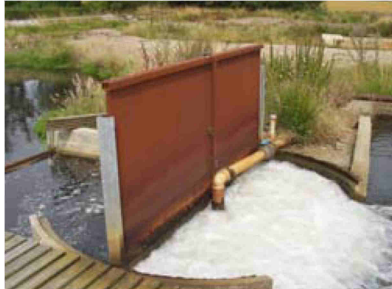
Biofiltrų darbo efektyvumas priklauso nuo sąlygų, kurios yra sukurtos nitrinimo bakterijoms augti. Optimalios sąlygos sudaromos, kai vandens temperatūra 22-24 °C, pH 6,6-7,5, o vandenyje ištirpusio deguonies koncentracija – 7 mg/l.

6.3. poskyris. Degazacija, aeracija ir nuvalymas

Prieš sugrąžinant vandenį į žuvivaisos baseinus, būtina iš jo pašalinti susikaupusias dujas. Šis degazavimo procesas atliekamas arba aeruojant vandenį, arba naudojant metodą, kuris vadinamas nuvalymu. Vandenyje daugiausia yra laisvojo azoto (N₂) ir anglies dioksido dujų, susikaupiančių dėl žuvų ir biofiltro bakterijų kvėpavimo. Anglies dioksido ir azoto kaupimasis neigiamai veikia žuvų sveikatą ir augimą. Anaerobinėmis sąlygomis gali susidaryti vandenilio

sulfidas, ypač jūros vandens sistemose. Šios dujos yra ypač toksiškos žuvims net ir mažomis koncentracijomis, todėl, jeigu sistemoje gaminasi vandenilio sulfidas, žuvis gaišta.

Aeracija gali būti atliekama įpučiant orą į vandenį. Kartu, oro burbuliukams turbulentiškai susiliečiant su vandeniu, pašalinamos dujos. Ši povandeninė aeracijos sistema leidžia tuo pačiu metu judinti vandenį, pavyzdžiui, naudojant sistemą su aeraciniu šuliniu (6.4 pav.).



6.4 pav. Šulinio povandeninės aeracijos sistema.

Šaltinis: Jacob Bregnballe „Guide to Recirculation Aquaculture“. 2010. Kopenhaga

Tačiau aeracinio šulinio sistema yra mažiau efektyvi šalinant dujas, nei lašelinio filtro sistema. Lašelinio filtro sistemoje dujos išvalomos dėl fizinio kontakto tarp vandens ir plastmasinio užpildo, įdėto į koloną. Vanduo yra tiekiamas į viršutinį filtro paviršių per skirstytuvą su angomis ir nuteka per plastmasinį užpildą, taip užtikrinant maksimalų turbulentiškumą ir kontaktą – vadinamąjį nuvalymo procesą. Lašelinis filtras dažnai minimas kaip „CO₂ nuvalymo kolona“.



6.5. pav. Lašelinio filtro aeracijos sistema.

Šaltinis: Jacob Bregnballe „Guide to Recirculation Aquaculture“. 2010. Kopenhaga

Toks aeracijos/nuvalymo procesas dar vadinamas CO₂ nuvalymo procesu.

Paprastai, lašelinio filtro užpildas būna tokio paties tipo, koks yra naudojamas stacionaraus užpildo biofiltruose (6.3 pav.).

Tačiau aeracinio šulinio sistema yra ne tokia efektyvi šalinant dujas, nei lašelinio filtro sistema. Lašelinio filtro sistemoje dujos išvalomos dėl fizinio kontakto tarp vandens ir plastmasinio užpildo, įdėto į koloną. Vanduo yra tiekiamas į viršutinį filtro paviršių pro skirstytuvą su angomis ir nuteka per plastmasinį užpildą, taip užtikrinant maksimalų turbulentiškumą ir kontaktą – vadinamąjį nuvalymo procesą. Lašelinis filtras dažnai minimas kaip „CO₂ nuvalymo kolona“.

6.4. poskyris. Oksigenacija

Auginant žuvis, URS didelę reikšmę turi deguonies režimas, nes tai yra vienas iš pagrindinių veiksnių, nuo kurių priklauso sistemos produktyvumas. Šio rodiklio optimalaus lygio palaikymas padeda sukurti palankias sąlygas auginti žuvis. Deguonies kiekis vandenyje daro tiesioginį poveikį auginamų objektų fiziologinei būklei. Deguonį suvartoja žuvis (kvėpuoja), jis sunaudojamas mineralizuoti žuvų metabolinius produktus, jį absorbuoja pašarų likučiai (pašarų likučių oksidacija). Skirtingų žuvų rūšių deguonies suvartojimo lygis yra skirtingas ir priklauso nuo jų amžiaus, vandens temperatūros, žuvų įmitimo laipsnio ir kitų veiksnių. Erškėtinėms žuvis optimalus vandens prisotinimas deguonimi yra 70-85 %.

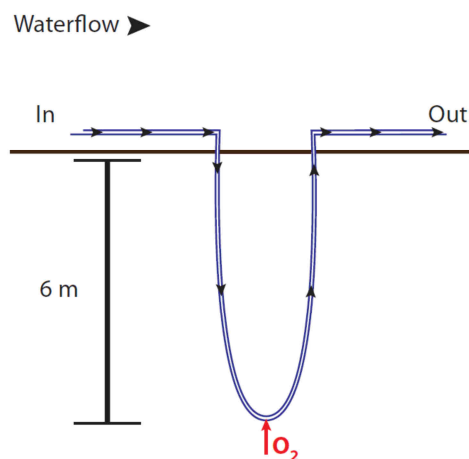
6.1. lentelėje pateiktas apskaičiuotas hibridinių erškėtinių žuvų suvartojamo deguonies kiekis. Didesnis žuvų suvartojamo deguonies kiekis po šėrimo yra susijęs su maisto virškinimu ir padidėjusia judėjimo veikla maitinantis. Atsižvelgiant į žuvis suvartojamo deguonies pokytį per parą, galima užtikrinti papildomą deguonies tiekimą (kai deguonies suvartojimas – intensyvesnis) ir optimizuoti auginimo procesą.

6.1. lentelė. Sterlės ir didžiojo erškėto hibrido deguonies suvartojimas

Žuvis amžius	Vidutinė masė, g	Bendra masė baseinui, kg	O ₂ kiekis baseine, g/l	O ₂ suvartojimas, mkg/g masės/val.	
				Iki šėrimo	Po šėrimo
Mailius	94,8	3,03	6,4–7,1	284	341,8
Dvimečiai	1774,2	85,161	5,8–7,8	53,3	76,09

Erškėtinės žuvis nėra tokios reiklios deguonies kiekiui, kaip šaltį mėgstantys žuvivaisos organizmai, ir lengvai perneša jo koncentracijos sumažėjimą iki 3-4 mg/l. Vis dėlto, svarbu pabrėžti, kad ilgiau laikant žuvį tokiomis sąlygomis, yra slopinamas augimas ir vystymasis. Kadangi žuvis laikoma didelio tankio sąlygomis, būtina užtikrinti papildomo deguonies tiekimą, tam panaudojant įvairius apytakinio vandens oksigenacijos būdus.

Aeracijos metu į vandenį įnešamas tam tikras deguonies kiekis dėl paprastojo dujų apsikaitimo vandenyje ir ore, priklausomai nuo vandens prisotinimo deguonimi. Pusiausvyros būsenoje vandens prisotinimas deguonimi sudaro 100 %. Kai vanduo teka pro žuvivaisos baseinus, deguonies kiekis sumažėja dažniausiai iki 70 %, o biofiltruose jo kiekis tampa dar mažesnis. Paprastai, tokio vandens aeracija prisotinimą padidina iki apytiksliai 90 %; o kai kuriose sistemose gali pasiekti ir 100 %. Tačiau dažnai pageidautina, kad tiekiamame vandenyje prisotinimas deguonimi viršytų 100 % ir prieinamo deguonies kiekis būtų pakankamas aukštam ir stabiliam žuvies augimo tempui palaikyti. Norint pasiekti aukštesnį prisotinimo lygį, reikalinga oksigenacijos sistema, naudojanti grynąjį deguonį. Grynasis deguonis dažnai tiekiamas į baseinus skystojo deguonies forma, bet taip pat gali būti gaminamas ūkyje, naudojant deguonies generatorių. Galimi keli būdai persotintam vandeniui gauti, kurio sudėtyje deguonies kiekis yra didesnis nei 200-300 %. Daugiausiai naudojami deguonies kūgiai arba šachtiniai oksigenatoriai (6.6. pav.).



Pavadinimai: waterflow - vandens tėkmė; in - įtekėjimas; out - ištekėjimas.

6.6. pav. Šachtinio oksigenatoriaus schema.

Šaltinis: Jacob Bregnballe „Guide to Recirculation Aquaculture“. 2010. Kopenhaga

Principas yra toks pat. Vanduo ir grynasis deguonis susimaišo veikiami slėgio, užtikrinančio deguonies perėjimą į vandenį. Deguonies sotinimo kūgyje slėgis palaikomas siurbliu, kuris, paprastai, kūgyje sukuria apie 1,4 baro slėgį. Vandeniui patenkant į kūgį, kuriame

yra slėgis, sunaudojama daug deguonies. Šachtinio tipo oksigenatoriuose slėgis sukuriamas įkasant į žemę kilpos formos vamzdį, pavyzdžiui, į 6 m gylį, ir paduodant deguonį šios kilpos apatiniame taške. Dėl aukščiau esančio vandens stulpelio slėgio, šiuo atveju, 0,6 baro, užtikrinamas deguonies perėjimas į vandenį. Šachtinių oksigeneratorių privalumas yra mažos sąnaudos vandeniui perpumpuoti, tačiau jų įrengimas yra sudėtingas ir brangus.

6.5. poskyris. Ultravioletinė spinduliuotė

UV dezinfekcija paremta šviesos bangos ilgio taikymu, siekiant suardyti biologinių organizmų DNR. Akvakultūroje ji yra nukreipta prieš patogenines bakterijas ir vienaląsčius organizmus. Šis apdorojimo metodas jau dešimtmečiais naudojamas medicinos tikslais ir jis nedaro poveikio žuvims, kadangi UV vandens apdorojimas vyksta ne žuvivaisos zonoje. Svarbu atminti, kad bakterijos ant organinės medžiagos auga taip greitai, jog jų skaitlingumo kontrolė tradiciniuose žuvininkystės ūkiuose turi ribotą poveikį. Geriausias kontrolės rezultatas pasiekiamas, kai efektyvusis mechaninis filtravimas kombinuojamas su kruopščiu biologiniu filtravimu, kurie efektyviai šalinančiu organines medžiagas iš panaudoto vandens ir sudaro sąlygas UV spinduliuotei veikti dar efektyviau.

UV dozė gali būti išreikšta skirtingais vienetais. Vienas iš plačiausiai naudojamų yra matavimas mikrovato sekundėmis, tenkančiomis cm^2 ($\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$). Efektyvumas priklauso nuo naikinamų organizmų dydžio ir rūšių bei vandens drumstumo. Vykdam bakterijų ir virusų kontrolę, vandenį reikia apdoroti apytiksliai $2000\text{--}10\,000\ \text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$, kad būtų sunaikinta 90 % organizmų; grybams reikia $10\,000\text{--}100\,000$, o mikroskopiniams parazitams $50\,000\text{--}200\,000\ \text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$.

Norint pasiekti maksimalų efektyvumą, UV švitinimas, naudojamas akvakultūrai, turi veikti po vandeniu; įtvirtintų virš vandens lempų poveikis dėl atspindžio nuo vandens paviršiaus bus nereikšmingas arba jo iš viso nebus.

6.6. poskyris. Ozonas

Dabar ozonas (O_3) retai naudojamas pačioje žuvininkystėje, kadangi jo perdozavus, žuvims gali būti padaryta didelė žala. Patalpse įsikūrusiuose žuvininkystės ūkiuose ozonas gali padaryti žalos ir žmonėms, dirbantiems toje zonoje, kadangi jie gali įkvėpti per daug ozono. Tačiau apdorojimas ozonu yra efektyvus nepageidaujamų organizmų naikinimo būdas, įgyvendinamas intensyviai oksiduojant organines medžiagas ir biologinius organizmus.

Apdorojimui ozonu gali būti teikiama pirmenybė, kai reikia dezinfekuoti vandenį, tiekiamą į URS. Tačiau, daugeliu atvejų, UV apdorojimas yra gera ir saugi alternatyva.

6.7. poskyris. pH lygio reguliavimas

Vandenilio jonų koncentracija yra svarbus vandens būklės rodiklis auginant žuvis. Vandenilio jonai daro tiesioginį poveikį žuvų organizmui. pH dydis priklauso nuo taršos, į sistemą tiekiamo vandens cheminės sudėties, žuvų apkrovos, biologinio filtro veikimo ir nitrinimo bakterijų. Erškėtinėms žuvims šis rodiklis turi būti apie 7,8-8,0. Reikia atsižvelgti į tai, kad recirkuliacinėje vandens sistemoje nitrinimo bakterijoms optimalus pH yra 7,1-7,8. Recirkuliacinėje sistemoje pH galima reguliuoti pridedant šarmo arba rūgšties.

Jeigu senuose akvakompleksuose pH stabilizavimui reikėdavo laiku praplauti biologinį filtrą ir išvalyti baseinus, tai denitrifikavimo sistemos kompleksuose galima ilgą laiką išlaikyti šio rodiklio optimalią reikšmę.

Nitrifikacijos metu biofiltre susidaro rūgštis ir pH vertė sumažėja. Norint išlaikyti pH stabilų, į vandenį reikia pridėti bazės. Kai kuriose sistemose yra kalkinimo įrenginiai, kuriais įlašinamas kalkėtas vanduo, tada pH stabilizuojasi. Kita galimybė – naudoti automatinę dozavimo sistemą, reguliuojamą grįžtamojo ryšio impulso pH matuokliu. Šioje sistemoje pageidautina naudoti natrio hidroksidą (NaOH), kadangi jį paprasčiau tvarkyti, o tai palengvina sistemos eksploatavimą. Tvarkant rūgštis arba bazes, atsargūs turi būti visi, kadangi jos gali sukelti akių ir odos nudegimus. Tvarkant chemines medžiagas, būtina imtis atsargumo priemonių ir užsidėti akinius bei pirštines.

6.8. poskyris. Šilumos perdavimas

Bet kurios akvakultūros objektų auginimo biotechnologijos pagrindą sudaro temperatūros režimas, kurio optimizavimas padeda sukurti geresnes sąlygas vartoti ir naudoti pašarus, intensyviai auginti žuvis ir skatinti jų vystymąsi. Temperatūros režimas daro poveikį deguonies suvartojimui, augimo greičiui, taip pat žuvų maisto ieškojimo intensyvumui, maisto suvartojimui ir virškinimui. Temperatūros svyravimai tam tikrose leistinose ribose sukelia žuvų organizmų gyvybinės veiklos nukrypimus. Todėl optimalios vandens temperatūros palaikymas auginimo sistemoje yra svarbiausias uždavinys, kadangi augimo greitis tiesiogiai priklauso nuo vandens temperatūros. Kiekvienai žuvų rūšiai būdinga sava temperatūros riba, prie kurios jų augimas ir vystymasis yra optimalus. Pavyzdžiui, erškėtinių žuvų augimui ir vystymuisi optimaliausias

temperatūros režimas yra nuo 19 °C iki 24 °C, kurio metu vyksta intensyvus pašaro vartojimas ir pasisavinimas, taip pat padidėja augimo greitis.

Renkantis optimalią temperatūrą bet kokios rūšies hidrobiontams auginti uždaroje recirkuliacinėse sistemose, reikia atsižvelgti į vandens užterštumą žuvų metabolitais, deguonies sunaudojimą vandens prisotinimui, suspenduotų dalelių skilimo spartą ir mikroorganizmų egzistavimo sąlygas vandens biologinio valymo sistemoje. Nustatyta, kad padidinus vandens temperatūrą 4 °C amonio kiekis sumažėja 50 %, o nitritų 12 %, lyginant su pradiniu lygiu. Mažėjant vandens temperatūrai, sumažėja amonio oksidacija. Didelis temperatūros pokytis neigimai veikia ir žuvų augimą.

Į sistemą tiekiamo vandens naudojimas yra santykinai paprastas būdas kasdieniam temperatūros reguliavimui. Uždengtoje URS, esančioje pastato su šilumine izoliacija viduje, vandenyje pamažu kaupiasi šiluma, kadangi dėl žuvų metabolizmo ir bakterijų veiklos biofiltre išsiskiria šilumos energija. Šiluma taip pat kaupiama dėl trinties siurbliuose ir kitų įrenginių naudojimo. Todėl dažna intensyvių URS problema yra aukšta temperatūra. Temperatūra gali būti lengvai reguliuojama keičiant į sistemą tiekiamo šviežio vėsaus vandens kiekį.

Šalto klimato sąlygomis žiemą dažniausiai pakanka paprasto šildymo, naudojant tepalinį katilą, sujungtą su šilumokaičiu, šildančiu recirkuliuojamą vandenį. Energijos sunaudojimas šio tipo šildymui daugiausia priklauso nuo į sistemą tiekiamo šalto vandens sunaudojamo kiekio ir jo temperatūros, nors pastatas taip pat praranda tam tikrą šilumos kiekį. Kai kuriais atvejais galima įrengti šilumos rekuperatorių, sudarytą iš plokštelinio šilumokaičio, kuris pagamintas iš titano. Panaudotas URS vanduo, praeidamas pro plokštelinį šilumokaitį, naudojamas pašildyti (arba atšaldyti) į sistemą tiekiamą vandenį. Sistema reguliuojama vandens temperatūros jutikliu, sujungtu su temperatūros valdymo bloku, kuris reguliuoja titaninio plokštelinio šilumokaičio darbą.

Literatūroje yra aprašyta specialaus mikroklimato moduliniuose kompleksuose kūrimo, optimalios patalpų oro ir vandens žuvininkystės baseinuose temperatūros palaikymo, „split“ sistemos naudojimo patirtis. („Практическая аквакультура Разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН“, 2011r).

6.9. poskyris. Stebėjimo, kontrolės ir signalizacijos sistema

Intensyvioje žuvininkystėje siekiant palaikyti optimalias sąlygas žuvims, reikia atidžiai stebėti ir valdyti gamybinius procesus. Techniniai nesklandumai lengvai gali sukelti didelius praradimus, todėl signalizacijos sistema yra gyvybiškai svarbi, siekiant užtikrinti saugų funkcionavimą.

Daugelyje šiuolaikinių ūkių yra įrengta centrinė kontrolės sistema, galinti užtikrinti deguonies, temperatūros, pH, vandens lygio ir variklių veikimo stebėjimą ir kontrolę. Jeigu bet kuris parametras nukrypsta nuo iš anksto nustatytos histerezės ribų, paleidimo/sustabdymo procesu bus bandoma išspręsti problemą.

Jeigu problema neišsprendžia automatiškai, įjungiam signalizacija. Automatinis šėrimas taip pat gali būti integruotas į centrinę kontrolės sistemą. Tai leidžia tiksliai suderinti šėrimo laiką su didesne deguonies doze, kadangi šėrimo metu deguonies suvartojimas padidėja. Ne tokiose sudėtingose sistemose stebėjimas ir kontrolė nėra visiškai automatizuoti ir darbuotojai turi nustatyti skirtingus parametrus rankiniu būdu.

Kaip bebūtų, nė viena sistema neveikia be ūkyje dirbančių žmonių priežiūros. Todėl kontrolės sistemoje turi būti įrengta signalizacijos sistema, iškviečianti darbuotojus, jeigu įvyksta rimtų nesklandumų. Rekomenduojama laikytis reagavimo laiko ne mažiau nei 20 min. net tuomet, kai yra automatiškai įsijungiantis atsarginis maitinimo šaltinis.

6.10. poskyris. Avarinės sistemos

Grynojo deguonies rezervo naudojimas yra svarbiausia atsargumo priemonė. Šią sistemą yra nesunku įrengti, ji sudaryta iš grynojo deguonies saugojimo bako ir kiekviename baseine pasiskirstymo įrenginių su purkštukais sistemos. Nutūkus elektros tiekimui, atsidaro elektromagnetinis vožtuvas ir suspaustas deguonis pradedamas tiekti į visus baseinus, taip išsaugodamas žuvis gyvas.

Kaip atsarginis elektros maitinimo šaltinis, turi būti naudojamas generatorius. Daugeliu atvejų, jeigu vanduo necirkuliuoja, sistemoje susikaupia toksiškas amoniakas. Ši problema yra antroji pagal svarbą, kurią reikia spręsti, išsprendus deguonies tiekimo klausimą su atsargine deguonies tiekimo sistema. Todėl svarbu apytiksliai per valandą atkurti vandens tėkmę.

6.11. poskyris. Tiekiamas vanduo

Recirkuliacijoje naudojamas vanduo pagal galimybes turi būti imamas iš šaltinio, kuriame nėra ligų sukėlėjų, arba turi būti sterilizuojamas prieš paduodant į sistemą. Daugeliu atvejų geriau yra naudoti vandenį iš gręžinio, šulinio ar kito panašaus šaltinio, o ne tiesiogiai imant iš upės, ežero ar jūros. Jeigu reikia įrengti tiekiamo vandens valymo sistemą, ją paprastai sudaro mikrofiltravimo smėlio filtras ir UV arba ozono dezinfekcinė sistema. Siekiant sumažinti geležies jonų skaičių vandenyje, naudojamas geležies pašalinimo įrenginys.

Auginant žuvis uždaroje sistemose, reikia orientuotis į normines vandens aplinkos rodiklių URS sistemų reikšmes, kurios pateiktos 6.2. lentelėje.

6.2. lentelė. Apytakinio vandens kokybės reikalavimai

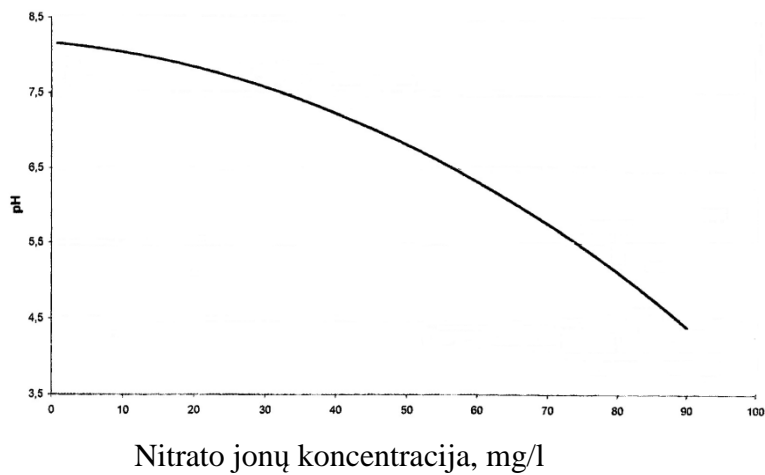
Rodikliai	Technologinis lygis	Trumpalaikės leistinos reikšmės
Suspenduotos medžiagos, mg/l	Iki 30	–
Aktyvioji aplinkos reakcija (pH)	6,8-8,0	6,8-8,5
Nitritai, mg N/l	0,1-0,2	1,0
Nitratai, mg N /l	Iki 60	100
Amonio azotas, mg N /l	2-4	Iki 10
Nitratai, mg N /l	Iki 0,05	0,1
Bichromatinė oksidacija, mg O/l	20-60	70-100
Permanganatinė oksidacija, mg O/l	–	10-15
Deguonis ,mg/l, įskaitant: prie baseinų ištekėjimo angų po biologinio valymo	10-15 5-12 4-8	Iki 40 2-3 >2
Anglies dioksidas, mg/l	25	30
Vandenilio sulfidas, mg/l	–	–
Fosfatai, mg/l	0,2-0,5	2,0
Bendroji geležis, mg/l	0,5	2,0
Geležies oksidas, mg/l	0,1	0,5
Šarmingumas mg-ekv/l	18-2,0	200
Bendrasis kietumas, H ⁰	5-8	20-25
Chloridai, mg/l	10,0	15,0
Sulfatai, mg/l	10,0	15,0

Kaip pavyzdį galima pateikti žuvivaisos komplekso eksploatavimo hidrocheminės analizės duomenis, gautus ją atliekant per 12 mėn. auginant erškėtines žuvis (6.3 lentelė).

6.3. lentelė. Eksperimentinės recirkuliacinės vandens sistemos hidrocheminiai rodikliai

Rodikliai	Min	Max
pH	7,2–8,2	7,2–8,0
Suspenduotos medžiagos, mg/l	3,7	4,7
Nitritai, mg N /l	0,03	12,43
Nitratai, mg N /l	1,45	77,54
Drumstumas, mg/l	0,58	0,62
Bichromatinė oksidacija, mg O/l	29,7	30,0
Permanganatinė oksidacija, mg O/l	7,25	8,45
Amonio azotas, mg/l	1,5	1,9
Fosfatai, mg/l	0,06	0,07

Šiuose darbuose buvo parodytas tikslus pH priklausomumas nuo nitratų koncentracijos. Sumažėjus vandens aplinkos reakcijai, padidėdavo nitrato jonų kiekis baseinų vandenyje, biofiltre tiek prie vandens padavimo angos, tiek prie vandens išleidimo angos.



6.7. pav. Eksperimentinės recirkuliacinės vandens sistemos baseinų nitratų koncentracijos priklausomumas nuo vandens pH.

7 SKYRIUS. BIOPRODUKINIŲ PROCESŲ HIDROCHEMINĖ BIOINDIKACIJA

Pagrindinis tikslas: Suformuoti supratimą apie bioprodukcinių procesų biologinius indikatorius ir išmokyti apskaičiuoti (nustatyti) šiuos rodiklius pagal žuvininkystės veiklos poreikius.

Tikslai:

1. Išnagrinėti pagrindinius vandens telkinio bioprodukcinių procesų rodiklius.
2. Išnagrinėti deguonies kiekio vandenyje, pirminės produkcijos bei destrukcijos procesų vandens telkinyje ryšį.
3. Išnagrinėti supratimą apie biocheminį deguonies suvartojimą ir jo ryšį su vandens telkinio biologinės medžiagos oksidacija.
4. Išnagrinėti pirminės produkcijos ir vandens telkinio žuvų produktyvumo ryšį.
5. Išnagrinėti vandens telkinio biotinio proceso sampratą.
6. Išnagrinėti vandens telkinio biogeninės ir organinės medžiagos balansą.
7. Išnagrinėti dirbtinai eutrofikuojamo vandens telkinio hidrocheminius rodiklius.

7.1. poskyris. Bendroji priėjimo kryptis

Hydrocheminių charakteristikų priklausomumas (ir glaudus tarpusavio ryšys) nuo bioprodukcinių procesų, visų pirma, įvertinant fitoplanktono fotosintezės intensyvumą. Įvertinus hidrocheminio režimo rodiklius, gana patikimai galima nustatyti produktyvias zonas, kiekybiškai nustatyti bioproduktyvumo ir žuvų produktyvumo dydį vandens telkiniuose. Pagrindinis rodiklis vertinant bioprodukcinių procesų pobūdį (kryptingumą) ir intensyvumą yra absoliutus ir santykinis deguonies kiekis. Jau daugelį metų vykdomų deguonies stebėjimų rezultatai naudojami apskaičiuoti pirminės produkcijos ir naujai susidarančios organinės medžiagos, pagrindinio visų heterotrofinių organizmų pašaro destrukcijos dydį. Ne mažiau svarbių duomenų galima gauti analizuojant pH, laisvojo anglies dioksido, biogeninių elementų, permanganatinės ir bichromatinės oksidacijos, biocheminio deguonies suvartojimo (BDS) laiko ir erdvės pokyčius. Ypač svarbu žinoti santykius tarp hidrocheminių rodiklių, pavyzdžiui, tarp deguonies ir anglies dioksido, BDS ir oksidacijos, paros destrukcijos dydžio ir BDS₅. Nurodant bioprodukcinius procesus, didelę reikšmę turi duomenys apie deguonies ir oksidacijos paros ir sezoninių pokyčių amplitudes, biogeninius elementus, vertikalųjį ir horizontalųjį šių charakteristikų pasiskirstymo

gradiento dydį. Galutiniame etape apskaičiuojamas biotinis balansas, organinės medžiagos balansas, atsižvelgiant į visas (biotines ir abiotines) dedamąsias, biogeninių elementų balansas.

7.2. poskyris. Nuokrypio dydis nuo normalaus vandens prisotinimo deguonimi

Natūraliuose vandens telkiniuose, ten, kur organinės medžiagos susidarymo ir irimo (mineralizacijos) procesai yra subalansuoti, vandens prisotinimas deguonimi, atsižvelgiant į jo temperatūrą ir atmosferos slėgį, artimas 100 %. Yra žinoma, kad didėjant temperatūrai, deguonies tirpumas vandenyje mažėja, o temperatūrai mažėjant – didėja. Todėl jo absoliutus kiekis (mg/l) paviršiniuose vandens sluoksniuose pavasarį ir rudenį didesnis nei vasarą. Tačiau daugeliu atvejų, pirmiausia, produktyviuose (eutrofinuose ir mezotrofinuose) vandens telkiniuose, fotosintezės ir biocheminiai procesai keičia šį dėsnį. Atskirose dalyse dėl aktyvios fitoplanktono gyvybinės veiklos atsiranda padidėjusios deguonies koncentracijos zonos, o kitose – pastebimas jo kiekio sumažėjimas dėl intensyvios organinės medžiagos oksidacijos. Paviršinių vandenų (fotinio sluoksnio vandenų) persotinimas ypač būdingas centrinėms cikloninės cirkuliacijos sritims, o nepakankamas prisotinimas – anticikloninių cirkuliacijų centrinėms sritims. Dėl fotosintezės poveikio, keičiasi ir sezoninių svyravimų pobūdis: didžiausias deguonies procentinis prisotinimas dažniausiai būna vasaros-rudens metu, taip pat pavasarį, sparčiai augant diatominiams dumbliams. Be to, pavasarį maksimalus persotinimo dydis būna didesnis, nei vasarą, kadangi vasarą tuo pačiu metu sustiprėja ir oksidacijos procesai. Bet kuriuo atveju, vandens persotinimas deguonimi (fotiniame sluoksnyje) konkrečiu stebėjimo metu daugiau nei 10 % parodo, kad vyrauja fotosintezės procesai, o vandens nepakankamas prisotinimas tokiu pačiu dydžiu rodo, kad vyrauja oksidacijos procesai. Produktyviųjų rajonų nustatymas skirtingo tipo vandens telkiniuose pagal šiuos rodiklius yra pagrįstas ir patvirtintas daugelio metų tyrimais. Paprastai, rajonuose, kuriuose vanduo yra persotintas deguonimi, susikaupia daug planktoninių organizmų ir žuvų mailių. Gaunamos išvados bus dar tikslesnės, jeigu, skaičiuojant bioprodukcinių porocesių intensyvumą, už pagrindą bus imamas skirtumas tarp išmatuoto, ištirpusio vandenyje deguonies kiekio ir deguonies kiekio, jį atitinkančio šimtaprocentiniu prisotiniu, esant konkrečioms fizikinėms cheminėms sąlygoms. Šis skirtumas yra artimas efektyviajai fitoplanktono produkcijai (P_{eff}), kuri paprastai apskaičiuojama pagal formulę:

$$P_{eff} = P_{O_2} - R \quad (7.1)$$

(7.1.),

kur P_{eff} – efektyvioji fitoplanktono produkcija; P_{O_2} – bendroji pirminė produkcija deguonies vienetais, nustatyta pagal kolbų metodą arba pagal deguonies paros eigą; R – fitoplanktono organinės medžiagos destrukcija (kvėpavimas).

Fitoplanktono organinės medžiagos destrukcija vidutiniškai lygi 40 % nuo suminio bendrojo deguonies suvartojamo kiekio (BDS) dydžio. Bendroji pirminė produkcija skaičiuojama pagal formulę:

$$P_{O_2} = \left(1 + \frac{1-K}{K}\right) \cdot (\Delta O_{2max} + 0.85K \cdot \Delta O_{2max} \cdot n \cdot \frac{n}{24-n})$$

(7.2)

kur K – deguonies kiekio (nuo minimalaus iki maksimalaus) laiko santykis su šviesaus paros laiko trukme; n – dienos trukmė; ΔO_{2max} – skirtumas tarp maksimalaus (popiečio valandos) ir minimalaus (paryčio valandų) deguonies kiekio.

Nustatyta, kad P_{eff} lygi $1.1\Delta O_{2max}$. Atliekant šiuos pirminės produkcijos skaičiavimus, paremtus didelės apimties deguonies kiekio stebėjimais, būtina:

1) iš dydžio, nustatyto analizės būdu, atimti deguonies reikšmę, nustatytą pagal tirpumo lentelę (žr. žinyną);

2) imti viso fotinio sluoksnio svertinę vidutinę vertę ΔO_{2max} , siekiant išvengti vertikaliojo susimaišymo įtakos, konkrečiam rajonui (vandens telkinio) naudoti vidutinę maksimalaus ir minimalaus vandens persotinimo deguonimi (O_2 mg/l) vertę ir tik tada apskaičiuoti dydį ΔO_{2max} .

Fotinio sluoksnio storis nustatomas pagal gylį (horizontą), kuriame vandens prisotinimas deguonimi lygus 100 %. Tai reiškia, kad du priešingų kryptių procesai – sintezė ir organinės medžiagos destrukcija – vyksta vienodu intensyvumu. Kitaip tariant, – tai kompensacinis taškas (tiksliau – sluoksnis). Kompensacinio sluoksnio gylis artimas dvigubam skaidrumo dydžiui pagal *Seki (Secchi)* diską.

Jeigu deguonies kiekis paviršiniuose vandens sluoksniuose artimas 100 % prisotinimo ir nėra didelių paros svyravimų, tai sintezės ir organinės medžiagos skaidymo procesai vyksta panašiu greičiu. Šio tipo vandens telkiniams būdinga nedidelė zooplanktono masė. Jeigu deguonies kiekis mažesnis nei 85 % esant nedideliems paros svyravimams, organinės medžiagos destrukcija yra intensyvesnė nei fotosintezės procesai. Dominuoja alochtoninė organinė medžiaga, dėl kurios vasaros metu aktyviai vystosi zooplanktonas. Esant dideliame vandens persotinimui deguonimi ir jo dideliems paros svyravimams, fotosintezės procesai viršija destrukciją. Aukštos vandens temperatūros laikotarpiu dideliais kiekiais vystosi zooplanktonas, naudojantis fitoplanktono autochtoninę organinę medžiagą. Tačiau kartais, didėjant deguonies kiekiui, didėja hidrobiontų masė (zooplanktonų, bentoso, žuvų) (7.1 lent.). Kaip matyti, mišriųjų

miškų zonos ežeruose, kai vandens persotinimas didesnis nei 115 %, bentoso biomasė truputį sumažėja, atitinkamai sumažėja ir maistinių organizmų biomasė. Šiuose ežeruose priedugnio sluoksnyje dažnai pastebimas deguonies trūkumas, kuris nulemia mažesnę bentoso organizmų aktyvumą.

7.1. lentelė. Zooplanktono, bentoso biomasės, ichtiomasės priklausomybė nuo deguonies kiekio mišriųjų miškų zonos mažų ežerų vandenyje.

Deguonies kiekis, %	Zooplanktonas		Bentosas, g/m ²	Zooplanktonas ir bentosas, g/m	Ictiomasė, g/m ²
	g/m ³	g/m ²			
Mažiau nei 70	2,50	4,31	4,90	9,21	–
70–85	2,73	7,12	5,60	12,72	5,62
85–100	2,36	11,40	6,82	18,22	8,25
100–115	2,95	14,16	11,63	25,59	8,9
Daugiau nei 115	3,57	15,73	9,31	25,04	11,25

7.3. poskyris. Biocheminis (biologinis) deguonies suvartojimas vandenyje (BDS, angl. biochemical oxygen demand, BOD)

Norint įvertinti vandens kokybę intensyviai auginant prekinę žuvį, įvertinamas specifinis deguonies suvartojimas (SDS, angl. specific oxygen consumption, SOC), kuris yra nustatomas pagal formulę:

$$SOK = \frac{O_2' - O_2''}{M} \cdot Q, \quad (7.3)$$

kur O_2' - deguonies kiekis prie įėjimo į sistemą (pritekėjimo vandenyje), mg/l; O_2'' – deguonies kiekis sistemos išėjime (ištekančiame vandenyje); M – bendroji žuvies masė (ichtiomasė); Q – vandens sunaudojimas (vandens apykaita), l/s.

Nustatyta, kad, jeigu SDS neviršija 0,05 mg/kg per sekundę, vadinasi, žuvų auginimo sąlygos yra optimalios.

Tam pačiam tikslui dažnai naudojami ir duomenys apie biocheminį (biologinį) deguonies suvartojimą. Paprastai biocheminio deguonies suvartojimo dydis naudojamas įvertinti vandens telkinių užterštumą pramoninėmis ir buitinėmis nuotekomis. Tokiu atveju šis dydis nustatomas BDS₅ kolbų metodu (inkubavimas tamsoje 5 paras). Kartu BDS, kaip destrukcijos intensyvumo rodiklis, yra nepakeičiamas kokybiškai ir kiekybiškai apibūdinant organinę medžiagą, skaičiuojant pirminę produkciją, vadinasi, ir vertinant bendrąjį vandens telkinių bioproductyvumą. Ypač svarbu žinoti paros destrukcijos (BDS₁) santykio su bendroju BDS

dydį per trumpą laikotarpį (3 ir 6 paras). BDS duomenys gali būti naudojami nustatant organinės medžiagos produkciją vandens telkinyje.

Vandens telkiniuose, kuriuose taikomos visos intensyvinimo priemonės, BDS nustatyti reikia skirti tokį pat dėmesį, koks skiriamas deguonies, biogeninių elementų ir oksidacijos nustatymui, kadangi biocheminis deguonies suvartojimas parodo vandenyje esančios nestabilios, greitai besioksiduojančios autochtoninės kilmės organinės medžiagos kiekį. Šiuo atveju deguonies praradimas vyksta dėl biocheminės (bakterinio) neseniai susidariusios organinės medžiagos oksidacijos. Procesas vyksta greičiui mažėjant, jam taikoma monomolekulinių reakcijų lygtis:

$$-\frac{dD}{dt} = kD, \text{ kur } \frac{\lg(D_{tot})}{D_{tot}-D_t} = kt, \quad (7.4)$$

kur D_{tot} – bendrasis suvartojamo deguonies kiekis (bendras biocheminis O_2 suvartojimas, mg/l); D_t – deguonies, suvartoto per laiką t , kiekis, mg/l; k – BDS greičio konstanta, paprastai lygi 0,1 esant 20 °C.

Deguonies suvartojimo greitis, priklausomai nuo laiko (% nuo bendro BDS), pateiktas žemiau.

Laikas,	
paros	BDS
0,5	11
1	21
2	37
3	50
4	60
5	68
6	75
7	80
8	84
9	87
10	90
15	96
20	99

Nustatyta, kad 20 parų – optimaliausias inkubavimo laikas, nustatant bendrą BDS.

Konstanta k nustatoma pagal formulę

$$k = \frac{1}{t} \cdot \lg \frac{D_1}{D_2 - D_1}, \quad (7.5.)$$

kur D_1 – BDS po t dienų; D_2 – BDS po $2t$ dienų.

Bendrasis BDS nustatomas pagal formulę:

$$D_{tot} = \frac{D_t}{1 - 10^{-kt}} \quad (7.6)$$

Jeigu vandens telkinyje vyrauja negyvojo planktono autochtoninė organinė medžiaga, vykstant mineralizacijai aerobinėmis sąlygomis, k paprastai lygi 0,1. Kaip matyti pateiktuose duomenyse, visiška mineralizacija per 20 parų neįvyksta. Lieka tam tikra organinės medžiagos dalis stabiliųjų junginių pavidalu – vandens humusas, kuris chemiškai oksiduojasi ilgesnį laikotarpį (iki metų ir ilgiau). Taip, metinis BDS, išskyrus BDS₂₀, natūraliuose vandenyse svyruoja nuo 0,1 iki 0,8 mg/l.

Per trumpą inkubavimo laikotarpį (iki 20 parų) BDS parodo nuo organinės medžiagos ir ypač jos lengvai pasisavinamos dalies kokybinės sudėties priklausomų bakterijų gyvybinės veiklos aktyvumą. Kuo daugiau fitoplanktonas pagamina organinių medžiagų, tuo didesnis bakterijų skaičius ir bendrasis BDS. Bendrasis BDS (D_{tot}) šiuo atveju apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D_{tot} = \frac{D_5^2}{2D_5 - D_{10}} \quad (7.7.)$$

Organinių medžiagų biocheminei oksidacijai vandenyje būdingas ją lydintis nitrifikacijos procesas, iškreipiantis deguonies suvartojimo pobūdį.

Apskaičiuotos BDS reikšmės gali būti naudojamos tipizuojant vandens telkinius. BDS nuo 1,2–3,7 mg O₂/l nurodo oligotrofiją; 1,7–3,5 – mezotrofiją; 10–38 – eutrofiją; apie 1,3 mg O₂/l – vandens telkinio distrofiją.

Pagal vertikalę (gylį) bendrojo BDS dydžiai stipriai skiriasi tik giliuose vandens telkiniuose su aiškiai išreikšta vertikaliąja stratifikacija. Tokiuose ežeruose vasaros metu fitoplanktonas vystosi ir miršta tik epilimnionė, o temperatūros šuolio sluoksnis neleidžia negyvoms ląstelėms nusileisti į gilesnius sluoksnius. Todėl fotiniuose vandenyse bendrasis BDS beveik visada didesnis nei akumuliaciniame sluoksnyje. Mažuose eutrofiniuose telkiniuose (taip pat žuvivaisos tvenkiniuose) su laikina, dažnai suardoma stratifikacija, negyvas planktonas palapsniui susikaupia priedugnio sluoksniuose, praturtindamas dugno nuosėdas lengvai besioksiduojančia organine medžiaga. Šiuo atveju bendras BDS prie dugno paprastai didesnis nei paviršiuje. Žiemą ir žiemos pabaigoje bendrasis BDS dažniausiai vienodas pagal vertikalę ir

daug mažesnis nei vasarą, ypač eutrofiniuose vandens telkiniuose. Mezotrofiniuose vandens telkiniuose rudenį ir žiemos pradžioje BDS kelis kartus didesnis nei vasarą. Bendrojo BDS dydį eutrofinio tipo vandens telkiniuose reikėtų laikyti biochemiškai nestabilios organinės medžiagos potencialiomis atsargomis, kadangi šiuo laikotarpiu gausiai vystantis fitoplanktonui (ir kitiems organizmams) deguonies suvartojimas kolbose vyksta apytiksliai 2 kartus greičiau nei natūraliomis sąlygomis.

7.4. poskyris. BDS ir oksidacija

Permanganatinės oksidacijos dydis nefiltruotame vandenyje apibūdina ištirpusios ir suspenduotos organinės medžiagos kiekį ir, pirmiausia, biochemiškai stabilią jos frakciją. Permanganatinės oksidacijos būdu nustatoma apie 40 % organinių medžiagų, esančių vandenyje konkrečiu metu. Geriau suprasti apie natūralių vandenų organinę medžiagą galima bichromatinės oksidacijos būdu. Šiuo atveju yra atsižvelgiama ir į nestabilią organinę medžiagą, kurią lengvai suardo mikroorganizmai ir nustatoma pagal BDS tyrimo rezultatus. Todėl, paėmus BDS santykį su oksidacija arba permanganatinės oksidacijos santykį su bichromatine, galima spręsti apie bakterijų gebėjimą įsisavinti ištirpusią organinę medžiagą. Kitaip tariant, šie santykiai priklauso nuo fitoplanktono veiklos metu susidariusių organinių medžiagų nestabilumo koeficientų arba iš išorės patekusių pramoninių ar buitinių nuotekų. Ypač žemos permanganatinės oksidacijos reikšmės būdingos aktyviam organizmų vegetacijos periodui, kai telkinyje gaminamas didesnis kiekis lengvai bakterijų suardomų planktoninės kilmės organinių medžiagų. Tai aukštos vandens temperatūros ir aiškiai išreikštos vertikalios stratifikacijos periodas. Susidaranti ir suardoma organinė medžiaga yra praturtinta baltymais, riebalų rūgštimis. Pavasarį ir vasarą į vandens telkinį patenka biochemiškai stabili organinė medžiaga huminių rūgščių, fenolio (taip pat planktoninės kilmės), lignino, tirozino ir kitų junginių pavidalu, kurie labiausiai oksiduojasi į permanganatą.

Skirtingu laipsniu oksiduojant organines medžiagas į cheminius reagentus, galima hidrocheminės analizės metodais įvertinti jos kilmę, mineralizacijos greitį, vadinasi, ir bioprodukcinių procesų intensyvumą.

Kai BDS₅ ir oksidacijos santykio dydis lygus 0,02-0,03, vandens telkinyje vyrauja dirvožemio ir planktoninis humusas; kai šio santykio dydis 0,3-0,5 – organinė medžiaga susidaro apsivalant ir mirštant organizmams; esant 0,8-1,2 – fitoplanktono organinė medžiaga; kai santykio dydis didesnis, nei 1,2 – biochemiškai nestabilūs būtiniai ir pramoniniai teršalai. Maksimalus BDS₅ neužterštuose vandenyse siekia 5 mg O₂/l ir vidutiniškai esant 20 °C temperatūros, sudaro 40 %, padidėjęs iki 70 % nuo bendro BDS, esant dideliems nestabilių

organinių medžiagų kiekiams. Organinės medžiagos biocheminis stabilumas nusakomas *permanganatinės ir bichromatinės oksidacijos santykio dydžiu*. Jeigu šis santykis mažesnis nei 40 %, tai vandens telkinyje vyrauja naujesnė, mažai pasikeitusi organinė medžiaga, pavyzdžiui, baltymai ir riebalai; jeigu daugiau nei 40% – biochemiškai stabilios organinės medžiagos – humusas, fenoliai ir kt.

Oligotrofiniuose ir mezotrofiniuose vandens telkiniuose bendrojo BDS ir permanganatinės oksidacijos santykis paprastai sudaro 15 % (maksimaliai – iki 30 %); eutrofiniuose telkiniuose šis santykis vidutiniškai sudaro 60 % (maksimaliai – iki 100 %); distrofiniuose telkiniuose šis santykis – vos 15-20 %.

Patikimas biocheminių ir bioprodukcinių procesų intensyvumo indikatorius (rodiklis) yra dydis, apibūdinantis lengvai įsisavinamo BDS irimo greitį ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D_{tot} = \frac{D_3}{D_6 - D_3} \quad (7.8.)$$

kur D_3 – BDS po trijų parų inkubacijos; D_6 – BDS po 6 parų inkubacijos.

7.5. poskyris. Pirminė produkcija ir žuvų produktyvumas

Pirminė produkcija – tai autochtoninės organinės medžiagos kiekis, kurią per laiko vienetą fotosintezės metu sukuria žali augalai (fitoplanktonas ir, iš dalies, makrofitai). Ši organinė medžiaga yra pagrindinis visų heterotrofinių organizmų, tarp jų ir žuvų, maitinimosi šaltinis. Daugelio rūšių žuvų mailius ankstyvose vystymosi stadijose vartoja fitoplanktoninius organizmus, o baltajam amūriui, tilapijai, baltajam ir margajam plačiakakčiui aukštesnioji ir žemesnioji vandens augalija – svarbus maitinimosi šaltinis. Visai natūralu, kad pirminė produkcija yra patikimas hidroprodukcinių procesų intensyvumo rodiklis ir gali būti naudojama kaip kriterijus vertinant vandens telkinių žuvų produktyvumą.

Labiausiai paplitęs pirminės produkcijos nustatymo būdas – kolbų deguonies metodas (G. Vinberg). Šį metodą skirtingi autoriai modifikavo, naudodami skirtingos formos ir tūrio kolbas, pastatydami jas tam tikru intervalu (horizontalais) fotiniame sluoksnyje arba paviršiuje, priklausomai nuo apšvietimo. Buvo nustatyta, kad fotinio (produktyviojo) sluoksnio storis tvenkiniuose, ežeruose ir vandens rezervuaruose, kurių vidutinis gylis ne didesnis nei 5 m, yra 1-2 m.

Skiriama grynoji ir bendroji pirminė produkcija, kuri apibūdina per fotosintezę naujai susidariusios medžiagos bendrą kiekį. Grynoji pirminė produkcija lygi bendrosios produkcijos kiekiui, iš jo atėmus tą dalį, kuri apima pačių augalų kvėpavimą (apie 20% nuo bendrosios produkcijos dydžio). Kartais grynoji produkcija vadinama efektyviaja fitoplanktono produkcija.

Pirminės produkcijos nustatymas kolbų deguonies metodu atliekamas taip. Iš skirtingų horizontų (sekliuose vandens telkiniuose pakanka nuo viršaus paimti 1-1,5 m gylio) paimami vandens mėginiai į deguonies kolbas – dvi šviesias, dvi tamsias (ir vieną deguonies kiekiui nustatyti iškart po mėginių paėmimo). Mėginių paėmimo vieta parenkama pagal vandens telkinio dydį, kranto linijos konfigūraciją, salų skaičių. Kuo sudėtingesnė kranto linija ir didesnis plotas, tuo daugiau įlankų ir užutėkių, tuo dažniau reikia imti mėginius, siekiant įvertinti vandens telkinio morfometrinius ypatumus. Vandeniui užpildytas kolbos laikomos vandens telkinyje tose vietose, iš kurių buvo paimti mėginiai. Inkubavimo laikas oligotrofiniuose ir mezotrofiniuose vandens telkiniuose (dideli ežerai ir tvenkiniai, maži, netręšiami ežerai) – para; eutrofiniuose – 4-6 val. (geriau nuo 10 val. iki 16 val. dieną). Po inkubavimo šiose kolbose nustatomas deguonies kiekis. Pagal deguonies kiekio skirtumą, šviesiose ir tamsiose kolbose inkubavimo pradžioje apskaičiuojamas pirminės produkcijos dydis:

$$1) \text{ bendroji planktono produkcija } A = \frac{3}{8} \cdot (C_l - C_d) \cdot \frac{T_L - 2}{T}$$

$$2) \text{ grynoji pirminė produkcija } P_1 = \frac{3}{8} \cdot (C_l - C_0) \cdot \frac{T_L - 2}{T}$$

$$3) \text{ mainų sąnaudos (destrukcija) } R = \frac{3}{8} \cdot (C_0 - C_d)$$

kur T_L – šviesaus paros laiko trukmė, val.; T – inkubavimo laikas, val.; C – deguonies koncentracija (mg/l) šviesioje (C_l), tamsioje (C_d) kolbose ir inkubavimo pradžioje (C_0).

Pirminę produkciją galima nustatyti ir pagal deguonies kiekio pasiskirstymą per parą. Pageidautina taikyti abu metodus vienu metu. Šiuo metu jau yra sukaupta daug informacijos apie pirminės produkcijos formavimosi sąlygas skirtingo landšafto sąlygomis, išaiškintos bioproductinių procesų skirtinguose trofiniuose lygiuose (energijos srautas) priklausomybės nuo naujai susidarančios fitoplanktono organinės medžiagos. Ypatinga reikšmė tyrimuose skiriama vandens telkinių tipizavimui ir kiekybinės priklausomybės tarp pirminės produkcijos ir žuvų produktyvumo paieškai. Įrodyta, kad žuvininkystės tvenkinių žuvų produktyvumas labai glaudžiai susijęs su fotosintezės intensyvumu (7.2. lent.).

7.2. lentelė. Kai kurių Baltarusijos SSR tvenkinių pirminė produkcija ir jų žuvų produktyvumas.

Pirminė produkcija, mg O ₂ /l per parą	Žuvų produktyvumas, kg/ha
Mažesnė nei 1	70
1-3	80-85
3-10	100-120
Didesnė nei 10	250-300

Eutrofiniuose vandens telkiniuose pirminės produkcijos dydis viršija 4 mg O₂/l per parą. Esant aiškiai išreikštai stratifikacijai, mezotrofiniuose vandens telkiniuose ji sudaro 2–4 mg O₂/l



per parą, o oligotrofiniuose – mažiau nei 2 (paprastai 0,5–1.0) mg O₂/l per parą. Trešiamuose žuvivaisos tvenkiniuose esant dideliame žuvies tankiui, auginant mišrios žuvivaisos rūšis (karpus, augalėdes žuvis) ir šeriant, bendroji pirminė produkcija siekia 50 mg O₂/l, o ichtiofaunos pirminės organinės medžiagos utilizavimo efektyvumas sudaro 3-8 %. Vykdamas ekstensyvią žuvininkystę (dideli ežerai ir tvenkiniai) žuvų produkcija sudaro 0,05–0,2 % nuo fitoplanktono produkcijos. Natūralaus žuvų produktyvumo priklausomybė nuo pirminės produkcijos dydžio parodyta 7.3. lentelėje.

7.3. lentelė. Vasaros zooplanktono biomasės ir natūralaus žuvų produktyvumo priklausomumas nuo pirminės produkcijos dydžio.

Vandens telkinio tipas	Pirminė produkcija, mg O ₂ /l per parą	Zooplanktono biomasė, g/m ³	Natūralus žuvų produktyvumas, kg/ha
Ultradistrofinis	0,1 – 0,2	0,1–0,5	10–20
Distrofinis	0,2 – 0,5	0,5–1	30–40
Oligotrofinis	0,5–1	1,1–2	50–70
Mezotrofinis	1–3	2,1–5	80–85
Eutrofinis	3–10	5,1–10	100–120
Hipereutrofinis	Didesnė nei 10	Didesnė nei 10	250–300

Pirminės produkcijos dydis dėsningai didėja einant nuo šiaurės platumų į pietines. Tundros zonos mažuose ežeruose ji sudaro vidutiniškai 0,5 mg O₂/l per parą, o taigos – 0.6–0.9, mišriųjų miškų zonos ežeruose – 3,3 mg O₂/l per parą. Subtropinių ir tropinių platumų vandens telkiniuose pirminės produkcijos reikšmės siekia – 10 mg O₂/l per parą ir daugiau. Pirminės produkcijos didėjimas einant iš šiaurės į pietus nulemtas ne vien tik klimato sąlygų (vandens temperatūros padidėjimo, ilgesnio vegetacijos periodo), bet ir vandens apykaitos intensyvumo. Yra žinomas hidrocheminio režimo bioprodukcinė rodiklių ir žuvų produktyvumo priklausomumas nuo santykinės vandens apykaitos ($K_{s.a.}$ – į vandens telkinį pritekančio vandens tūrio per tam tikrą laiką santykis su vidutiniu tuo laikotarpiu vandens telkinio tūriu). Kai $K_{s.a.}$ mažiau 1, vandens telkinys priskiriamas akumuliaciniam tipui (sulėtėjusi vandens apykaita), kai $K_{s.a.}$ lygus 1–5 – akumuliaciniam tranzitiniam tipui. Vandens telkinių bioproduktyvumas glaudžiai susijęs su vandens apykaitos intensyvumu. Sekliuose, gerai išylančiuose mažo pratakumo vandens telkiniuose vyrauja autochtoninė organinė medžiaga, bioprodukcinė procesų eiga subalansuota ir visuose lygiuose ilgą laiką išlieka pastovi pašarų bazė. Zooplanktono daug, o jo sudėtyje dominuoja šakotaūšiai. Pratekamuosiuose vandens telkiniuose pagrindinis vaidmuo tenka alochtoninei organinei medžiagai, ant kurios pagrindo formuojasi pašarų bazė, čia galimos trumpalaikės palankios sąlygos zooplanktonui vystytis pro bakterijų grandį. Dažnai tokiuose vandens telkiniuose bentos biomasė didesnė nei vandens telkiniuose su mažu pratakumu.

Apskritai, didesnis pratakumas nepalankiai veikia hidrobiontų vystymąsi, kadangi biomasė ir zooplanktono produkcija (jo sudėtyje vyrauja irklakojai) sumažėja, o biologiniai sezonai gali būti persislinkę 1-1,5 mėnesio. Atitinkamai bus mažesnė ir žuvų produkcijos išeiga (7.4. lent.).

7.4. lentelė. Bioprodukcinių rodiklių priklausomybė nuo vandens apykaitos intensyvumo (vidutinės reikšmės, dt/ha).

Santykinės vandens apykaitos koeficientas	Suminė fito- ir bioplanktono produkcija	Suminė zooplanktono ir bentoso produkcija	Potenciali žuvų produkcija	Faktinis sugautų žuvų kiekis
Mažesnis nei 1	350 - 500	10 - 50	1.2 - 5	0.2 - 7
1 - 5	250 - 300	7 - 25	0.7 - 2.5	0.1 - 2.6
Didesnis nei 5	100 - 200	6 - 15	0.6 - 1.5	0.1 - 1.5

Taikiojo zooplanktono produkcijos santykis (kuris yra karpinių žuvų pašarų bazė) su pirminės produkcijos dydžiu sudaro 7–20 %, padidėjęs pritekant dideliame alochtoninės organinės medžiagos kiekiui. Bakterijų planktono produkciją nuo pirminės produkcijos vidutiniškai sudaro 31 % (20–48%), neplėšriojo zooplanktono ir bentoso – 49 % (20–77%). Vidutinis zooplanktono produkcijos santykio su pirmine produkcija dydis – 11 %, su zoobentosu – 1 % (su atvirkštinės priklausomybės tendencija). Žuvų produkcija neįžuvinamuose natūraliuose telkiniuose – 0,2 % nuo pirminės produkcijos dydžio, įžuvinamuose ir intensyviai eksploatuojamose – 3 % ir šiek tiek daugiau (iki 9 %, bet labai retai).

Apskaičiuojant potencialią produkciją, būtina turėti tokius duomenis:

1. Vandens skaidrumas, siekiant nustatyti pirminės produkcijos dydį, tenkanti kvadratiniam metrui:

$$P_1, m^{-2} = 2.1 \cdot n, \quad (7.9.)$$

kur n - vandens skaidrumas metrais pagal *Sekki* diską. Vidutinis pirminės produkcijos dydis fotiniame sluoksnyje per vegetatyvinį periodą lygus pirminei produkcijai paviršiniame sluoksnyje, padaugintai iš 0,6.

2. Vegetatyvinio periodo trukmė dienomis – dienų skaičius, kai vandens temperatūra didesnė nei 4 °C arba oro temperatūra didesnė nei 5 °C.
3. Oksidacijos kalorinis koeficientas, lygus 3,5 kcal.
4. Bioplanktono produkcija, kurią galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$P_b = 0.33 \cdot R \quad (7.10.)$$

kur R - paros destrukcija, mg O₂/l.

5. Pašarinių organizmų destrukcija. Ji randama eksperimentiniu būdu ir pagal gamtos stebėjimų duomenis. Paprastesnis, bet ne toks tikslus būdas – apskaičiuoti naudojantis P/B koeficientais (žr. terminų žodyną) pagal vasaros biomasės reikšmes. Vasarą daugelyje vandens

telkinių bendrosios biomasės dydis parodo potencialią pašarinių organizmų produkciją per vegetacinį laikotarpį. Nustatant taikiojo zooplanktono produkciją, galima naudoti P/B lygų 20, taikijam zoobentosui – 3,5. Žuvis sunaudoja apytiksliai 50 % pašarinių organizmų produkcijos, likę 50 % neįtraukiami į bendrą energijos srautą, nes natūraliai miršta ir yra suėdami grobuonių. Pereinant prie žuvų produkcijos skaičiavimų pagal pašarinių organizmų produkciją, galima naudoti tokius santykius:

$$P_{\text{Augalėdžių žuvų}} = 1,3 \% P_1;$$

$$P_{\text{Planktofagų}} = 3,5 \% P_2 \text{ zooplanktono};$$

$$P_{\text{Bentofagų}} = 11,7 \% P_2 \text{ Zoobentosos};$$

$$P_{\text{Bendra}} = 1,8 \% P_{\text{Pašarinių organizmų}}$$

Šios reikšmės būdingos įžuvinamiems vandens telkiniams (žuvivaisos tvenkiniams).

Vertinant potencialią žuvų produkciją pagal pašarinę bazę natūraliomis sąlygomis:

$$P_{\text{Augalėdės žuvų}} = 0,006 P_1;$$

$$P_{\text{Planktofagų}} = P_2 \text{ Zooplanktono}/10;$$

$$P_{\text{Bentofagų}} = P_2 \text{ Bentosos}/5.$$

Šie duomenys bus tik preliminarūs, bet ir jų visai pakanka, norint įvertinti vandens telkinio produkcinę galimybę ir parengti intensyvinimo priemones, įvertinus aplinkos apsaugos reikalavimus.

Tvenkinyje, kur žuvų biomasė siekia 40 dt/ha, bendras per parą patenkančios biomasės kiekis energijos vienetais sudaro $0,433 \cdot 10^6$ kcal/ha. Tik nedidelė jos dalis ($0,04 \cdot 10^6$ kcal/ha), naudojama produktyviam žuvų augimui, o likęs kiekis ($0,393 \cdot 10^6$ kcal/ha) – kaip metabolizmo produktai kaupiasi tvenkinyje. Iki 1 % patenkusių organinių medžiagų išnešama su nutekančiu vandeniu ir filtruojant. Deguonies poreikis metabolizmo produktams mineralizuoti ir žuvų energijos mainams vykdyti sudaro $0,450 \cdot 10^6$ kcal/ha. Žinant, kad baltasis plačiakaktis suvartoja iki 50 % fitoplanktono organinės medžiagos, tai bendroji pirminė produkcija turi sudaryti 9 g O_2/m^3 per parą, kai tvenkinio gylis – 1,5 m. Tokio deguonies kiekio, išsiskyrusio fotosintezės proceso metu, pakanka, kad būtų užtikrinti hidrobiontų gyvybiniai poreikiai. Būtent šis bendrosios pirminės produkcijos dydis paprastai rekomenduojamas mišriosios žuvivaisos tvenkiniams ir jis yra palaikomas naudojant mineralines trąšas. Galimi bendrosios fotosintezės dydžių svyravimai ± 20 % ribose nėra labai dideli ir neturėtų suardyti deguonies balanso.

Tvenkinyje, kur žuvų biomasė siekia 100 dt/ha, patenkančių organinių medžiagų kiekis ženkliai didesnis, todėl padidėja ir deguonies mineralizacijos poreikis. Šiuo atveju, bendrosios fotosintezės dydis turi būti ne mažesnis nei 25 g O_2/m^3 per parą. Bet ir tada paros deguonies poreikis patenkinamas ne visiškai. Deguonies deficitas gali kilti ir dėl fotosintezės intensyvumo kitimo per parą (± 20 % arba iki 5 g O_2/m^3 per parą), kuris stipriai apriboja destrukcijos procesus ir skatina organinių medžiagų kaupimąsi vandenyje. Todėl pablogėja hidrocheminis režimas, sumažėja žuvų maitinimosi intensyvumas, maisto įsisavinimas, žuvų augimo tempas. Vyksta fitoplanktono bendrijų sudėties rūšiniai pokyčiai. Pradedama labiau vystytis heterotrofinės mitybos

dumbliai. Dažniausiai tai smulkūs melsvadumbliai, kurių plačiakakčiai vartoja mažiausiai iš visų dumblių. Iš tvenkinio sistemos visiškai išnyksta ištisos trofinės grandys – zooplanktoninių organizmų bendrijos – verpetės, šakotaūšiai ir irklakojai vėžiagyviai. Yra žinoma, kad šios organizmų grupės yra ne tik visaverčių natūralių pašarų šaltinis, bet ir atlieka svarbų vaidmenį biologinio vandens valymo procese nuo organinių medžiagų pertekliaus.

Todėl, padidinus žuvų produktyvumą iki 100 dt/ha ir daugiau, žuvivaisos proceso technologija turi būti grindžiama nauja pramonine baze. Akivaizdu, jog aukščiausią lygį medžiagų apykaitos intensyvinimo subalansuotoje ekosistemoje galima pasiekti tik su techninėmis vandens aeravimo priemonėmis, specialiais įrenginiais (užtikrinančiais aukštą fotosintezės lygį), biologiniu vandens valymu nuo organinių medžiagų pertekliaus, kultivuojant zooplanktoninius organizmus ir kt. Esant šioms sąlygoms, nemažą reikšmę turi racionalus šėrimas ir žuvivaisos procesų mechanizavimas.

7.6. poskyris. Biotinis balansas

Biotinis balansas parodo kiekybinius santykius tarp organinės medžiagos (kuri gaminama skirtinguose trofiniuose lygiuose) produkcijos ir destrukcijos, ir bendrą ekosistemą. Kalbant apie konkretų trofinį sluoksnį, galima naudoti vidinį biotinį balansą (balansą ekosistemos viduje). Visai ekosistemai (kiekvienam vandens telkiniui atskirai) labiau priimtinas terminas „išorinis biotinis balansas“. Šiuo atveju įvertinamos visos trofinės grandinės grandys, tad jau galima kalbėti apie energijos srautą.

Organinės medžiagos apykaitoje, kurioje dalyvauja visi hidrobiontai, ypatingą padėtį užima pirminė produkcija. Tik fotosintezės procesas sukelia energijos ir organinės medžiagos padidėjimą, ant kurios bazės vystosi visos gyvūnų gyvybės formos. Palapsniui per fotosintezę susidariusi organinė medžiaga oksiduojasi ir mineralizuojasi iki mineralinių darinių, vyksta dalinis arba visiškas autochtoninių organizmų sukauptos energijos išsklaidymas – destrukcija R . Tokiu būdu bendroji pirminė produkcija (tikroji fotosintezė) Ph , kuri yra suminis autochtoninių ir heterotrofinių organizmų veikimas, labai glaudžiai susijusi su destrukcijos dydžiu:

$$Ph - R = \pm P, \quad (7.11)$$

kur P – grynoji planktono produkcija.

Kai Ph didesnis už R , biotinis balansas yra teigiamas ir vandens telkinyje susikaupia tam tikras kiekis autochtoninės organinės medžiagos. Per didelis jos patekimas (nekontroliuojamas tręšimas) yra nepalankus veiksnys toksikozei ir žuvų dusimui. Neigiamas biotinis balansas paprastai būna esant dideliame alochtoninės organinės medžiagos pritekėjimui arba peršėrus žuvis ir laikant jas per dideliame tankyje.

Natūraliuose vandens telkiniuose fotiniame sluoksnyje vasarą Ph ir R santykis truputį didesnis nei 1. Pavasarį ir rudenį produkcijos ir destrukcijos santykis dažniausiai mažesnis nei 1. Šis santykis, kaip ir pirminės produkcijos dydis, mažėja einant iš šiaurės platumų į pietines, kai ilgėja vegetacinis periodas ir šiltų (aukštų) laipsnių dienų suma. Eutrofiniuose vandens telkiniuose nagrinėjami rodikliai būna nedidelių reikšmių. Pavyzdžiui, Peipaus-Pskovo ežere (Pskovo – eutrofinis, Peipaus – mezotrofinis) vidutinės Ph reikšmės svyruoja skirtingais metais nuo 1 iki 1,8 mg O_2/l per parą, kai kuriuose rajonuose pasiekdamos maksimalią reikšmę iki 6 mg O_2/l per parą, o destrukcija – nuo 0,6 iki 1,3 mg O_2/l per parą. Biotinio balanso elementų vidutinių dydžių sumažėjimas vyksta tais metais, kai padidėja šio baseino vandeningumas ir esant žemai vandens temperatūrai. Atskirais metais fotosintezė vyksta ir polediniu periodu. Žiemą pirminė produkcija sudaro apie 3 % nuo naujai susidarančios organinės medžiagos vasarą kiekio, destrukcija – 5 % nuo BDS_1 vasarą. Vologdos srities ežeruose ir tvenkiniuose pirminės produkcijos ir destrukcijos reikšmės truputį mažesnės – atitinkamai vidutiniškai 0,5–1,8 ir 0,4–2 mg O_2/l per parą. Per daugelį metų, kaip ir ankstesniu atveju, pirminės medžiagos sintezės ir irimo procesas vyko šiltais sausaisiais metais.

Gylis, iki kurio išsiplečia fotosintezės zona (fotinis sluoksnis), atitinkantis, kaip ką tik buvo paminėta, kompensacinio sluoksnio gylį, turi labai didelę reikšmę, skaičiuojant ekosistemos biotinio balanso elementus. Manoma, kad leistinas eutrofikacijos lygis priešingai proporcingas šio rodiklio kvadratinės šaknies dydžiui. Jis nulemia leistinus vandens ekosistemų trofinės grandinės visų grandžių produktyvumo lygius, taip pat potencialią žuvų produkciją.

Dirbtinai eutrofikuojamuose vandens telkiniuose (žuvivaisos tvenkiniuose, mažuose ežeruose ir nedideliuose tvenkiniuose), kaip jau buvo minėta, pirminės produkcijos reikšmės gerokai išauga ir gali siekti 30-40 mg O_2/l per parą ir net daugiau. Atitinkamai padidėja ir organinės medžiagos irimo intensyvumas – destrukcija. Šiuo atveju ekosistema blogai subalansuota ir būtina nuolatinė vandens kokybės kontrolė, padidinto pratakumo sukūrimas, aeracija, kad Ph ir R santykis nuolat būtų didesnis nei 1. Vienas iš būdų palaikyti sistemos balansą yra įvesti zooplanktoninius organizmus, įleisti augalėdžių žuvų.

Mailiumi įžuvintuose tvenkiniuose, kur zooplanktoną pastoviai suėda žuvų mailius, pirminės produkcijos dydis siekia 10-12 mg O_2/l per parą, o neįžuvintuose – 2-4 mg O_2/l per parą. Kai dafnijų biomasė sudaro iki 50 g/m³, pirminės produkcijos dydis sumažėja 4 kartus ir daugiau. Biotinis balansas abiem atvejais teigiamas: įžuvintuose tvenkiniuose, baigiant augti lervoms, paros destrukcija pasiekia maksimalią reikšmę – 6–9 mg O_2/l , o neįžuvintuose tvenkiniuose – vos 1,8 mg O_2/l per parą. Čia Ph ir R santykis pirmuoju atveju sudaro apie 1,2–1,4, o antruoju – 1–2.

Remiantis išsamiau fotosintezės intensyvumo tyrimu, buvo nustatyta teigiama įtekančio

Ladogos, Onego, Ilmenio, Peipaus-Pskovo, Baltojo ir kt. Tvenkiniuose ir ypač telkiniuose-aušintuvuose bei išleidžiamuosiuose žuvivaisos tvenkiniuose, didelę reikšmę įgyja trečioji balanso dedamoji, susijusi su vandens apykaitos intensyvumu ir antropogeninio veiksnio poveikiu. Galima sulyginti Peipaus-Pskovo ežero organinės medžiagos ir Kachovo ir Kremenčiugo tvenkinių organinio anglies dioksido orientacinio balanso skaičiavimų rezultatus. Pirmuoju atveju autochtoninės organinės medžiagos kiekis sudaro apie 2,5 mln. t, o alochtoninės – apie 0,3 mln. t. Tvenkiniuose, atsižvelgiant į tai, kad organinis anglies dioksidas sudaro apie 50 % visos organinės medžiagos, per fotosintezės procesą susintetinama 1,6 mln. t per metus, o su tėkme patenka apie 1 mln. t, t. y. abi balanso dalys išreiškiamos artimais dydžiais.

Žuvų augintojams svarbu žinoti, kad maksimalūs organinių ir biogeninių medžiagų kiekiai, viršijantys jų foninį kiekį dešimtis ir šimtus kartų, stebimi vykstant aukštesniųjų augalų puvimui per pirmąjį mėnesį po jų išmirimo – po 10-15 parų. Toks pat irimo greitis būdingas pievų augalijai ir planktonui. Sumedėjusi augalija pagrindinę organinių ir mineralinių medžiagų masę išskiria lėčiau – per 80-150 parų. Norint apskaičiuoti organinių ir biogeninių medžiagų kiekį, patenkantį į telkinį iš upių (ar kitų intakų), galima naudotis formule:

$$M_p = (V_p \cdot C) / (B \cdot n) \quad (7,12)$$

V_p – skystojo upės nutekėjimo tūris; C – vidutinė medžiagos koncentracija upės vandenyje; B – telkinio tūris; n – pratakumas (metinė vandens apykaita).

Norint apskaičiuoti organinių ir biogeninių medžiagų kiekį, patenkantį su krituliais, galima naudotis formule:

$$M_o = (1000 \cdot S \cdot O \cdot C) / (B \cdot n), \quad (7.13)$$

kur S – tvenkinio plotas; O – vidutinis metinis kritulių kiekis.

Norint apskaičiuoti organinių ir biogeninių medžiagų kiekį, patenkantį su nutekančiais vandenimis, galima naudotis formule:

$$M_c = \frac{B_c \cdot C}{B \cdot n}, \quad (7.14)$$

kur B_c – skystasis nutekėjimas; C – ieškomos medžiagos vidutinė koncentracija.

7.8. poskyris. Hidrocheminiai rodikliai dirbtinės eutrofikacijos sąlygomis

Dirbtinė eutrofikacija – tai tradicinės priemonės ir būdai padidinti šėrimo bazę ir žuvų produktyvumą įnešant mineralinių ir organinių trąšų. Pagrindiniai elementai, reguliuojantys fitoplanktono vystymąsi vasarą, intensyviausios fotosintezės metu yra azotas, fosforas ir (iš dalies) geležis. Diatominis dumbblas reiklus siliciui ir nustoja vystytis jo koncentracijai nukritus mažiau 5 mg/l. Gėluose vandenyse geležis ir silicio rūgštis retais atvejais riboja dumblo gyvybingumą, kaip ir tokie elementai kaip kobaltas, manganas, cinkas, molibdenas ir varis.

Daugeliu atvejų ribojančiais veiksniais yra azotas ir fosforas. Būtent šių elementų pridėjimas jau daug metų yra naudojamas kaip pagrindinė priemonė, siekiant padidinti vandens telkinių žuvų produktyvumą.

Azotui reiklesni melsvadumbliai. Optimalios nitrato azoto koncentracijos yra nuo 1-6 mg/l, amonio azoto – 0,2 – 0,8 mg/l. Viršijus šias koncentracijas, daugelio fitoplanktono atstovų vystymasis slopinamas. Optimalus fosfatinio fosforo kiekis daug mažesnis – 0,01-0,1 mg/l; jeigu jo koncentracija viršija 0,2 mg/l, tai dumblių gyvybinė veikla slopinama.

Tam tikrą biologinę reikšmę turi manganas. Kai jo koncentracija 0,001-0,002 mg/l dumblo augimas pagreitėja 5-6 kartus, o mangano koncentracija didesnė nei 0,02-0,01 mg/l daugeliui eutrofinių organizmų nuodinga. Svarbų vaidmenį vaidina ir kalcio trąšos. Jos aktyvuoja organinės medžiagos mineralizaciją ir nitrinimo bakterijų, praturtinančių vandenį nitrato azotu, gyvybingumą.

Įnešti kalkių būtina esant rūgštinei aplinkai, kai fitoplanktono azoto ir fosforo įsisavinimas stipriai sumažėja. Šarminėje aplinkoje kalkinimas atliekamas tik dezinfekcijai. Pavyzdžiui, kalkinimas reikalingas vandens telkiniuose, esančiuose pelkėtoje vietovėje, molio ir priemolio dirvožemiuose. Kalkių dozė priklauso nuo pH. Kai dirvožemio pH mažesnis nei 6,0 (5,0-6,0) reikia įnešti nuo 10 iki 5 dt/ha negesintų kalkių, siekiant pašalinti rūgštingumą, kai pH didesnis nei 6,0 – mažiau 1 dt/ha (7.5. lent.).

Panašus kalkių kiekis rekomenduojamas norint pakelti mažų ežerų vandens pH. Ežerų kalkinimas turi būti vykdomas dukart: pirmąkart – kai vandens paviršinio sluoksnio temperatūra siekia 14-15 °C (paprastai gegužę); antrąkart – rugpjūčio pradžioje atsižvelgiant į pH dydį ir laisvojo anglies dioksido kiekį.

7.5. lentelė. Kalkių įnešimo normos siekiant pašalinti dirvožemio rūgštingumą

Dirvožemio pobūdis	Druskos ekstrakto pH	Reikalingas kalkių kiekis, dt/ha
Durpynai	Mažesnis nei 5,0	8–10
Velėninis jaurinis	5,0–6,0	4–5
Molis, priemolis, priesmėlis, smėlis	5,0–6,0	2–4
Juodžemiai	5,0–6,0	1–2

Norint nustatyti žuvivaisos tvenkiniams reikalingą trąšų kiekį, galima naudoti formulę:

$$A = \frac{(K-k) \cdot 100}{P}, \quad (7.15.)$$

kur K – norima azoto (fosforo) koncentracija, mg/l; k – amonio azoto (fosfatinio fosforo) koncentracija tyrimo metu, mg/l; P – procentinis azoto kiekis amonio salietroje (fosfatų superfosfate).

Optimaliu kiekiu laikomas 2 mg azoto ir 0,4 mg fosforo kiekis 1 l vandens. Vandens telkiniams tręšti kartais naudojamas amonio vanduo, nitroamofoska (NPK) ir kitos azoto trąšos. Azoto ir fosforo trąšos įnešamos kelis kartus per sezoną. Tvenkiniai tręšiami iškart juos užpildžius vandeniui, o paskui – 1 kartą per 7-10 dienų. Žuvų intensyvaus šėrimo laikotarpiu trąšos įnešamos siekiant tik padidinti fotosintezę ir pašalinti dusimo sąlygas. Aukščiau pateikta formulė nesuteikia galimybės išvengti perteklinio trąšų įnešimo, o nekontroliuojamas jų taikymas pablogina hidrocheminį režimą – hipereutrofikuoja. Būtent esant hipereutrofikacijai, masiškai vystosi melsvadumbliai, išskiriantys daugeliui hidrobiontų nuodingas medžiagas. Tikslus būdas nustatyti trąšų poreikį ir kontroliuoti aplinkos kokybę – biologinio bandymo metodas – kolbų deguonies metodas nustatyti pirminę produkciją, pridėdamas skirtingos koncentracijos atskirų ir įvairių derinių biogeninių elementų (azoto, fosforo ir kt.). Šiuo atveju trąšų veikimo efektyvumas įvertinamas pagal didžiausią deguonies prieaugį kolbose per inkubavimo laikotarpį tvenkinyje apytiksliai 20 cm gylyje – 2 paras pavasarį ir 1 parą vasarą. Inkubavimo trukmė priklauso nuo temperatūros. Jeigu deguonies kiekis kolboje po inkubavimo pasidaro mažesnis, negu kontroliniame mėginyje, tai parodo tos koncentracijos biogeninių elementų slopinamąjį poveikį fitoplanktonui.

Įnešant mineralinių trąšų, padidinamas bendrasis pirminės produkcijos kiekis iki 8-10 mg O₂/l per parą ir palaikomas šiame lygyje per vegetacinį periodą visuose išleidžiamuosiuose ir visiškai prieš žiemą išgaudomuose vandens telkiniuose. Neišleidžiamuosiuose vandens telkiniuose ir žiemojimo tvenkiniuose, bendroji pirminė produkcija vasarą neturi viršyti 5-7 mg O₂/l, priešingu atveju nebus išvengta žuvų nudusimo žiemą.

Kas dešimt dienų nustatant pirminės produkcijos kiekį kolbų metodu arba pagal paros deguonies eigą, leidžia išvengti mineralinių trąšų pereikvojimo ir palaikyti optimalų hidrocheminį režimą ir pašarų bazę. Dirbtinai eutrofikuojamiems mažiems ežerams bendroji pirminė produkcija neturi viršyti 4 mg O₂/l per parą. Technologinė norma žuvininkystės karpių tvenkiniams: *Ph* – 4-16, *R* – 2-8 mg O₂/l per parą produkcijai nuolat viršijant destrukciją 2 kartus. Kai žuvys laikomos labai tankiai ir auginamos šeriant, dažnai sukeliamas deguonies pereikvojimas, o jo kiekis gali būti papildytas stimuliuojant fitoplanktoną, pratakumą, aeraciją, pridėdamas techninio deguonies. Netaikant šių priemonių *Ph* ir *R* santykis per trumpą laiką sumažės iki minimalaus (neigiamasis biotinis balansas) ir susidarys dusimo sąlygos. Kitaip tariant, negalima leisti, kad dirbtinai eutrofikuojamuose vandens telkiniuose destrukcija viršytų produkciją. Jeigu šis dydis bus mažesnis nei 5, tai dusimas nepratinkiniame vandens telkinyje galimas per artimiausias paras, jeigu didesnis nei 5, yra rizika, kad pH staigiai padidės iki 10-11, o tai gali sukelti žuvų žiaunų, odos ir pelekų nudegimus ir nekrozę. To galima išvengti sukūrus pratekėjimą. Tačiau taip prarandama dalis įneštų trąšų – tiesiogiai proporcingai vandens

apykaitos greičiui. Vadinasi, pratakumas neturi būti pastovus, o vandens apykaitos greitis turi būti apskaičiuotas iš anksto.

Įneštos mineralinės trąšos duos juntamą ekonominę naudą žemiau pateiktais atvejais.

1. Vandens telkinio plotas mažesnis nei 100 ha, jeigu didesnis, tai tręšti reikia tik atskirus plotus (ruožus), apsaugotus nuo bangų mūšos (bangavimo).
2. Grunto pH ne mažesnis nei 6,5; vandens – didesnis nei 7,0.
3. Užžėlimas kieta vandens augalija (švendrai, meldai, nendrės) ne didesnis nei 30 %.
4. Pilna vandens apykaita įvyksta ne lėčiau nei per 30 parų.
5. Hidrokarbonatų jonų kiekis (HCO_3^-), t. y. šarmingumas didesnis nei 2 mgekv /l (daugiau nei 100 mg/l), šiuo atveju kalkinimas nereikalingas.
6. Vandens skaidrumo dydis pagal *Sekki* diską lygus vidutiniam telkinio gyliui. Jeigu šis dydis viršija vidutinį gylį 2 kartus, trąšų norma sumažinama 2 kartus. Jeigu skaidrumas yra 15-20 cm, tręšti netikslinga.
7. Optimalus bendrosios pirminės produkcijos dydis įnešus mineralinių trąšų – 4-6 mg O_2 /l per parą. Vertikaloji startifikacija netrukdo biogeniniams elementams patekti į fotinį sluoksnį dėl periodinio konvekcinių (naktį) ir vėjo sukeliama maišymo. Šiame sluoksnyje vandens persotinimas deguonimi nuolatos didesnis nei 10 %, bet neturi siekti 100 %. Priedugnio sluoksnyje vandens prisotinimas deguonimi didesnis nei 40 %.
8. Prieš įnešant amonio salietrą, ji neturi būti maišoma su rūgščiomis trąšomis (superfosfatu), kadangi gali būti prarasti azoto oksidai.

Ekonominę mineralinių trąšų naudą reikia apskaičiuoti pagal formulę:

$$P = \left(\frac{\Pi}{C_{tr} + C_{in} + C_{pap} + C_{ap}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (7.16.)$$

kur R – pelno dydis, % (pelnas sąnaudų vienetui); P – papildomos produkcijos, gautos įnešus trąšų, vertė; C_{tr} – trąšų įsigijimo išlaidos; C_{in} – trąšų pristatymo ir įnešimo išlaidos; C_{pap} – papildomai užaugintos žuvies išgaudymo išlaidos; C_{ap} – šios žuvies apdorojimo ir realizacijos išlaidos.

Trąšos ekonomiškai pateisinamos, jeigu papildomos produkcijos vertė (skaitiklis) didesnė nei sąnaudos (vardiklis).

Tvenkinių žuvininkystės praktikoje organinės trąšos naudojamos ilgesnį laiką, nei mineralinės. Nederlinguose smėlio, priemolio ir jauriniuose dirvožemiuose su nepakankamu dumblo sluoksniu organinės trąšos tinka labiau ir duoda didesnę efektą. Pridėjus šių trąšų paskatinamas bakterijų vystymasis, praleidžiant pirmą trofinę grandinę grandį, auga daug zooplanktono. Dirbtinius kombinuotuosius pašarus, naudojamus žuvims šerti, kurie lieka žuvų nesuvalgti arba neįsisavinti, taip pat galima priskirti prie organinių trąšų. Padidinus šėrimo intensyvumą, vandens telkinyje atitinkamai padidėja ir žuvų ekskrementų (fekalijų), kuriuose yra



didelis kiekis biogeninių elementų.

Žuvų nesuėsti pašarai ir jų ekskrementai esant aukštai vandens temperatūrai greitai mineralizuojasi, suvartodami didelį kiekį vandenyje ištirpusio deguonies. Todėl naudojant žuvų šėrimą, esant dideliame laikymo tankiui, nebereikia naudoti kitų organinių trąšų (supuvusio mėšlo, kompostų, vandens paukščių mėšlo, žalios augmenijos). Supuvusio mėšlo įnešimo norma iki 20 dt/ha. Jis įdedamas pagal vandens pakrantę užpildžius tvenkinius vandeniui. Kompostas yra buitinių atliekų mišinys su durpėmis, piktžolėmis, vandens augmenija, tvenkinio dumbliu ir mėšlu, taip pat 2-3 % kalkių arba pelenų. Paruoštas kompostas įnešamas ant neužlietų tvenkinių, neturtingų organinėmis medžiagomis, dugno iki 40 dt/ha.

Prieinamiausios ir efektyviausios organinės trąšos yra žalioji augmenija (kieta ir minkšta), periodiškai nupjaunama nuo užtvankų ir pačiuose tvenkiniuose. Skirtingai nuo mėšlo ir komposto, ji įnešama ne tik palei krantą, bet ir tam tikru atstumu nuo jo. Centrinė telkinio dalis paliekama be pūvančios augmenijos. 5-6-ą dieną po įnešimo prasideda masinis bakterijų, blakstelių ir dumblo, taip uodų trūklių ir mažašerių žieduotųjų kirmėlių vystymasis. Įnešimo norma 20 - 60 dt/ha. Vandens augmenijos kaip organinių trąšų naudojimas leistinas tik vandens telkiniuose su smėliniu jauriniu arba moliniu dirvožemiu ir turinčiu pakankamą vandens apykaitai šviežio vandens pritekėjimą. Šiuose vandens telkiniuose vandenyje ištirpusio deguonies kiekio amplitudė iki trąšų įnešimo neviršija 4 mg/l, o maksimali O₂ reikšmė – ne didesnė nei 40 %.

Organinių trąšų įnešimas užtikrina natūralios žuvų produkcijos padidėjimą 2-4 kartus, naudojant mineralines trąšas – 2-3 dt/ha. Mineralinės trąšos ypač efektyvios kartu auginant karpius ir augalėdes žuvis be šėrimo.

Mineralinių ir organinių trąšų įnešimas šeriant žuvis, sukelia panašų bendrojo organinės medžiagos kiekio padidėjimą, tačiau organinės medžiagos stabilumas skiriasi. Permanganatinės oksidacijos dydis nefiltruotame vandenyje ir po filtravimo (ištirpusios organinės medžiagos) paprastai didesnis, jeigu naudojamos mineralinės trąšos, bet nešeriamos žuvis, atitinkamai 5-6 mg O₂/l ir 2-3 mg O₂/l. Šiuo atveju didesnis ir bichromatinės oksidacijos dydis atitinkamai 5-18 mg O₂/l ir 2 mg O₂/l. Permanganatinės oksidacijos ir bichromatinės oksidacijos santykis beveik visada didesnis naudojant trąšas, nei šeriant, o BDS₅ ir permanganatinės oksidacijos santykio dydis įnešus kombinuotųjų pašarų, priešingai, didesnis, nei naudojant trąšas.

Pateikti duomenys reiškia, kad organinė pašaro medžiaga priskiriama biochemiškai nestabiliems organiniams junginiams ir greitai mineralizuojasi, sumažindama deguonies kiekį vandenyje. Vadinasi, vandens telkinių produktyvumo didinimas įnešant mineralinių trąšų, mažiau teršia telkinį puvinimo produktais, nei žuvų šėrimas dirbtiniais kombinuotaisiais pašarais.

Natūralių vandens telkinių, tvenkinių ir drėkinimo telkinių dirbtinis eutrofikavimas negali

būti beribis. Praktikoje galima pasiekti žuvų produktyvumo iki 100 dt/ha ir net daugiau. Turima duomenų apie galimybę padidinti žuvų produktyvumą iki 20 tūkst. dt/ha. Šiuo atveju užtikrinama visiška vandens apykaita per 15-20 min., žuvis šeriama kelis kartus per parą, taip pat žiemą, naktį naudojamas apšvietimas vabzdžiams pritraukti, aeracija, skystas deguonis, dezinfekcija, cirkuliacinis vandens tiekimas.

Prie biologiškai prieinamų ksenobiotikų natūralių šaltinių, pagal PSO (1992), priskiriama: vėjo pernešamos dulkių dalelės, jūros druskos aerosolis, vulkaninė veikla, miškų gaisrai, biogeninės dalelės, lakios biogeninės medžiagos.

Pagrindiniai potencialiai toksiškų medžiagų srautai kyla dėl skirtingos žmogaus ūkinės veiklos. Biosferos cheminės taršos šaltiniais tapo beveik visos pramonės įmonės, transportas, visos didesnės ir mažesnės gyvenvietės, poilsio (rekreacijos) zonos, dideli gyvulininkystės kompleksai, dirbamos žemės teritorijos (4.2. lent.). Didžioji dalis atliekų susidaro miestuose, kur gyvena didelė dalis žemės gyventojų ir sukonzentruota daugybė įvairių gamybos įmonių. Medžiagų antropogeniniai srautai, susidarantys dėl miestų gyventojų gamybinės veikos, yra labai įvairūs, sudaryti iš didelės koncentracijos aukštesniojo diapazono cheminių elementų, taip pat ir toksinių. Įsiliedami į natūralius migracijos ciklus, antropogeniniai srautai greitai išplatina teršalus į miesto landšafto komponentus, kur neišvengiamai vyksta sąveika su žmogumi.

Didelę įtaką aplinkos taršai daro kariniai veiksmai. Po antrojo pasaulinio karo mūšio, laukuose buvo sukaupta tūkstančiai tonų metalo. Po, palyginti, nedidelės NATO karinės operacijos Jugoslavijoje 1999 m. tokių toksinių elementų kaip švino (Pb), kadmio (Cd), arseno (As) ir gyvsidabrio (Hg) suvartojimas padidėjo dėl oro, vandens ir dirvožemio taršos Serbijoje, taip pat dėl netinkamos kokybės importuojamų arba gautų su humanitarinės pagalbos maisto produktų.

Bendrasis ginkluotųjų pajėgų poveikis aplinkai taikos metu prilygsta vienos vidutinio dydžio pramonės šakos poveikiui (apie 4% visų šalinamų nuotekų ir 1,2% išmetamųjų teršalų į atmosferą).

Tarp žmogaus sukeltų organizmų gyvenamos aplinkos pokyčių didžiausią rūpestį kelia jos užterštumas pramoninėmis ir buitinėmis atliekomis. Didžiausią pavojų kelia įvairios prigimties toksinės medžiagos iš pramoninių atliekų (atidirbtas liejimo smėlis, skalūnų perdirbimo atliekos, naftos šlamas, galvaninis šlamas, naftos atliekos ir pan.)

8 SKYRIUS. VANDENS KOKYBĖS VERTINIMAS PAGAL HIDROCHEMINIUS RODIKLIUS

Pagrindinis tikslas – išstudijuoti vandens kokybės rodiklius ir jų poveikį žuvivaisai.

Tikslai:

1. Žinoti skirtingos kilmės vandenų druskų sudėtį ir vandens kietumo poveikį žuvų gyvybinei veiklai.
2. Žinoti vandens rūgštingumo reikšmę žuvų vystymuisi ir jo reguliavimo būdus.
3. Žinoti azoto ciklą vandens telkinyje ir optimalią azoto junginių koncentraciją žuvivaisai.
4. Žinoti vandens temperatūros reikšmę žuvų auginimui.
5. Žinoti telkinio vandens sudėties organinio komponento reikšmę ir priemones jam nustatyti.
6. Žinoti pagrindinius cheminius elementus, tarp ir mikroelementus, ribojančius žuvies vystymąsi.
7. Mokėti pagal vandens analizės rezultatus nustatyti, ar vandens kokybė atitinka žuvų auginimo laipsnį.

8.1. poskyris. Vandens kokybė

Negalima pervertinti vandens kokybės svarbos akvakultūroje. Vanduo yra ne tik hidrobiontų gyvenamoji aplinka, bet ir svarbus cheminių priemaišų ir suspensijos šaltinis, kuris daro įtaką hidrobiontų augimui ir vystymuisi. Šiame skyriuje bus nagrinėjamos tos vandens savybės, apie kurias būtina žinoti specialistui. Neturint aiškaus supratimo apie vandens kokybės vaidmenį, negalima pasiekti aukštų gamybos rodiklių. Įmonės sėkmė taip pat labai priklausys nuo tinkamo vandens šaltinio kokybės vertinimo.

Tačiau praktikoje mes susiduriame ne su grynuoju vandeniu (H₂O), bet su cheminių medžiagų vandens tirpalu, kuriame yra neištirpusių dalelių. Vandenyje druskos daugiausiai yra jonų pavidalu. Vandenyje esančių jonų kiekis ir sudėtis skiriasi, priklausomai nuo šaltinio.

Vandens kokybės vertinimas atliekamas pagal hidrocheminės analizės rezultatus. Hidrobiontų ir skirtingų grupių bakterijų gyvybinės veiklos metu vandens kokybė žuvivaisos sistemose patiria reikšmingus pokyčius (nagrinėjame trijų gręžinių duomenis 8.1. lent.) Tipiškas hidrocheminės analizės rodiklių rinkinys pateiktas su vandens pavyzdžiu iš trijų skirtingo gylio artezinių šulinių Sankt Peterburgo rajone (8.1 lent.).

8.1. lentelė. Hidrocheminė vandens sudėtis gręžiniuose.

Rodikliai	Kiekis	Gylis 15 m	Gylis 150 m	Gylis 300 m
K ⁺	mg/l	1,6	7,8	
Na ⁺	mg/l	15	245	1300–1500
Ca ²⁺	mg/l	32,1	92	110–130
Mg ²⁺	mg/l	14	37	65–70
Cl ⁻	mg/l	17,7	360	2300–2500
SO ₄ ²⁻	mg/l	53,9	10	6–20
CO ₂	mg/l			2–3
HCO ₃ ⁻	mg/l	115,9	510	70–100
CO ₃ ²⁻	mg/l			
NH ₄ ⁺	mg/l	0,7	2,38	
NO ₂ ⁻	mg/l			0,01–0,02
NO ₃ ⁻	mg/l			1–2
Fe (bendras)	mg/l	7,6	9,6	1,0–1,5
pH		7,2	7,35	6,8–7,3
XIIK	mg O ₂ /l		98	
O ₂	mg/l			
T	°C			

8.2. poskyris. Druskų sudėtis vandenyje

Vandenį priprasta skirstyti į gėlą ir sūrų, bet šis skirstymas yra gan sąlyginis, nes, galima sakyti, jog bet koks vanduo savo sudėtyje turi druskos jonų. Druskų santykis jūros (vandenyno) vandenyje ir gėlame vandenyje yra skirtingas (8.2. lent.).

1 kg vandenyno vandens yra 35 g druskų: Cl - 18,3 g, Na - 10,3 g, SO₄ - 2,7 g, Mg - 1,3 g, Ca - 0,4 g, K - 0,4 g, Br - 0,4 g, CO₃ - 0,03 g. Jonų santykis jūros vandenyje Cl⁻ > SO₄²⁻ > HCO₃⁻, Na⁺ + K⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺.

Jonų santykis gėlame vandenyje: HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻, Ca²⁺ > Mg²⁺ > Na⁺ + K⁺.

8.2. lentelė. Vandenyno ir gėlo vandens druskų santykis

Druskos	Vandenyne %	Gėlame vandenyje %
Chloridai	88,7	5,2
Sulfatai	10,8	9,9
Karbidai	0,3	60,1
Kiti	0,2	24,8

	mmol/l	ppm, mg/l	dGH, °dH	gpg	°e, °Clark	°fH
mmol/L	1	0.009991	0,1783	0,171	0,1424	0,09991
ppm, mg/L	100,1	1	17,85	17,12	14,25	10
dGH, °dH	5,608	0,05603	1	0,9591	0,7986	0,5603
gpg	5,847	0,05842	1,043	1	0,8327	0,5842
°e, °Clark	7,022	0,07016	1,252	1,201	1	0,7016
°fH	10,01	0,1	1,785	1,712	1,425	1

Pavyzdys: 1 mmol/L = 100.1 ppm ir 1 ppm = 0.056 dGH.

Europos žuvininkystės literatūroje kietumas dažnai pateikiamas vokiškais laipsniais °dH. Kietumas, kurį sukuria 10 mg/l CaO vandenyje, atitinka 1 °dH.

Karbonatinis kietumas nustatomas pagal kalcio ir magnio kiekį, ekvivalentišką karbonatų ir hidrokarbonatų kiekiui.

Nekarbonatinis kietumas parodo šarminių žemės metalų katijonų, atitinkančių mineralinių rūgščių anijonus: chloridą, sulfatą, nitrato jonus ir kt., kiekį.

Natūraliųjų vandenų kietumas būna skirtingas (8.4. lent.).

8.4 lentelė. Natūraliųjų vandenų apibūdinimas pagal kietumo laipsnį.

Charakteristika	Bendras kietumas, mg/l CaCO ₃
Minkštas	0-30
Vidutiniškai minkštas	30-60
Vidutiniškai kietas	60-120
Kietas	120-180
Labai kietas	daugiau nei 180

Pastaba: Kietumas, kurį sukuria 50 mg/l CaCO₃, atitinka 1 mg-ekv/l.

Tipiško bendrojo gėlo vandens kietumo, matuojamo pagal CaCO₃, intervalas, paprastai, yra nuo 15 iki 375 mg/l. Tuo tarpu kietumas, kurį sukuria kalcio druskos yra nuo 10 iki 250 mg/l, dažnai dvigubai viršija magnio druskų sukuriamą kietumą – nuo 5 iki 125 mg/l. Tipinio jūros vandens kalcio kietumas 1000 mg/l, magnio 5630 mg/l, o bendrasis – apie 6630 mg/l.

Kietumas – svarbus vandens kokybės rodiklis akvakultūroje. Pernelyg minkštas vanduo negali patenkinti vandens organizmų kalcio ir magnio poreikių. Būtinai vanduo, kurio minimalus kietumas 5 °dH arba 1,8 mg-ekv/l. Žuvivaisininkams rekomenduojama optimali kietumo reikšmė karpių ūkiams yra 1,8–2,9 mg-ekv/l, upėtakių – 3,6–7,1 mg-ekv/l.

Vandens kietumo didinimas blokuoja pražūtingą hidrobiontams kitų jonų, esančių vandenyje (cinko, kadmio, vario, vandenilio) veikimą. Šį efektą gerai iliustruoja kietumo įtaka mirtinoms jonų koncentracijoms pavyzdys (8.5. lent.).

8.5. lentelė. Kietumo įtaka letalioms jonų koncentracijoms.

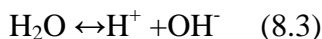
Jonas	Vandens kietumo pokyčio intervalas, mg-ekv/l	Letalių koncentracijų pokytis, didėjant kietumui
Vandenilis	0,24–6,4	pH nuo 4,25 iki 4,18
Cinkas	0,20–10,0	nuo 0,03 iki 0,5 mg/l
Varis	0,20–6,0	nuo 5 iki 112 mkg/l
Kadmis	0,20–6,0	nuo 0,12 iki 0,3 mkg/l

8.3. poskyris. Vandenilio jonų koncentracijos ir toksiškumas

Vandenilio jonų koncentraciją priimta vadinti vandenilio rodikliu ir žymėti pH

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] \quad (8.2.)$$

Grynas vanduo pasižymi tam tikru laidumu elektrai dėl dalinės vandens molekulių disociacijos į vandenilio ir hidroksilo jonus



Prie 25 °C jonų koncentracija lygi 10⁻⁷ g-jonų/l arba pH = 7. Šis grynas vanduo yra neutralus tirpalas. Pridėjus į vandenį rūgštis, vandenilio jonų koncentracija padidėja, o pH tampa mažesnis nei 7,0. Į vandenį įdėjus šarmų, vandenilio jonų koncentracija sumažėja, o pH tampa didesnis už 7,0.

Iš natūralių šaltinių patenkantis vanduo, bei žuvivaisos sistemų vanduo gali turėti tiek rūgštinę (pH < 7,0), tiek ir šarminę (pH > 7,0) reakciją. Gėlo vandens telkiniuose žuvų sutinkama Ph esant nuo 4 iki 10. Žuvims egzistuoti saugus diapazonas yra nuo 5 iki 9, maksimaliai akvakultūros produkcijai reikalingas siauresnis pH diapazonas nuo 6,5 iki 8,5. Kietesniame vandenyje žuvies atsparumas žemoms pH reikšmėms padidėja (žr. 8.6. lent.). Didesnių ir didesnio amžiaus žuvų atsparumas taip pat padidėja. Pavyzdžiui, lašišoms, kurių amžius 4 ir 16 mėnesių, žemutinė mirtina riba skiriasi 0.3 pH vieneto.

Stebimas palaiptinė žuvų aklimatizacija prie žemų pH reikšmių.

pH poveikio žuvims bendras vertinimas:

4,0 – 4,5 – žuvis galima aklimatizuoti, bet šiomis sąlygomis dauginasi tik lydeka;

4,5–5,0 – lašišų mailiui ir ikrams kenksminga, suaugusioms žuvims kenksminga tik minkštame vandenyje;

5,0–6,0 nekenksminga visoms žuvų rūšims, kai $\text{CO}_2 < 20 \text{ mg/g}$ arba, kai nėra geležies druskų. Mažesnės reikšmės kenksmingos laišoms minkštame vandenyje;

6,0–6,5 nekenksminga, kai koncentracija $\text{CO}_2 < 100 \text{ mg/l}$;

6,5–9,5 nekenksminga, bet daro poveikį kitų nuodų toksiškumui;

9,5–10,0 letalinės reikšmės laišoms, kai poveikis trunka ilgesnį laiką, nekenksmingos kitų rūšių mailiams ir ikrams;

10,0–10,5 letalinės reikšmės laišoms, kai poveikis ilgalaikis;

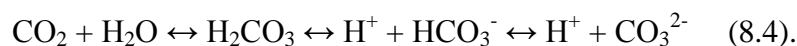
10,5–11,0 letalinės reikšmės, kai poveikis ilgalaikis karpiui, lynui, karosui ir lydekai.

8.4. poskyris. Vandens pH pasikeitimas ir jo buferinė sistema

Hidrobiontų gyvybinės veiklos proceso išdavoje aplinka tampa rūgštingesnė, smulkiau šis klausimas bus aptariamas žemiau. Kai kuriose žuvivaisos sistemose pH sumažėjimas tampa pavojingas auginamoms rūšims. Taip, pavyzdžiui, uždarytose recirkuliacinių sistemų veikimo riba yra pH sumažėjimas iki 6,0–6,5, kai papildomo vandens pH 7,0–8,0. Nesiimant priemonių, pH sumažėja iki pavojingų reikšmių.

Natūralūs vandenys turi nuosavą buferinę sistemą, tam tikru būdu gesinančią vandenilio jonų koncentracijos augimą. Buferinės vandens savybės nustatomos pagal jame ištirpusį anglies dioksidą CO_2 ir susidariusią anglies rūgštį H_2CO_3 . Ši silpna rūgštis sąveikauja su karbonatų CaCO_3 turinčiomis uolienomis, sudarydama bikarbonatą $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

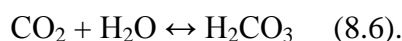
Bikarbonatas disocijuoja, sudarydamas vandenilio ir karbonatų jonus. Visam anglies tirpimo vandenyje procesui priklauso daug lygčių



Šios cheminės reakcijos labai priklauso nuo vandenilio jonų koncentracijos. Padidėjus vandenilio jonų koncentracijai (sumažėjus pH), reakcija pasislenka į kairę. Tačiau, šiai cheminei sistemai būdingos buferinės savybės, ji priešinasi bet kokiems vandenilio jonų pokyčiams. Pridėjus vandenilio jonų, dalinė reakcija

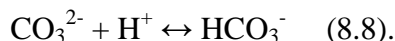
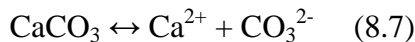


lieka santykinai stabili, kadangi abejose pusėse yra H^+ jonų. Reakcijos pasislinkimas į kairę kompensuoja vandenilio jonų padidėjimą. Kadangi anglies rūgšties koncentracija dalinėje reakcijoje (8.5. lygtis) padidėjo, tai sukelia dalinę anglies rūgšties disociaciją, kurios metu susidaro vanduo ir anglies dioksido dujos



Vyksta reakcijos pasislinkimas į kairę, kartu stebimas bikarbonato koncentracijos vandenyje sumažėjimas (HCO_3^-). Reakcijos metu didžioji dalis vandenilio jonų bus surišti su H_2O ir HCO_3^- .

Jeigu vyksta vandens sąlytis su karbonatinėmis nuosėdomis CaCO_3 , tai prarasto bikarbonato (HCO_3^-) papildymas įvyks dėl karbonatinių nuosėdų disociacijos



Siekiant stabilizuoti vandens sistemų, pavyzdžiui, akvariumų pH, į vandenį dedama mineralų, kurių sudėtyje yra CaCO_3 : moliuskų kriauklių, marmuro gabalėlių ir pan.

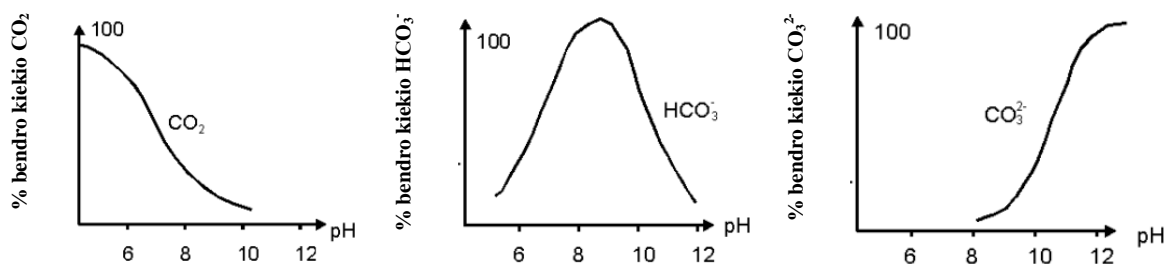
Vandenynų vandenyje paviršinių vandenų pH paprastai yra 7,8-8,3, t. y. turi šarminę reakciją. Tai paaiškina, kodėl jūrų moliuskų kriauklės yra tokios stiprios. Gėlo vandens telkinių rūgštiniuose vandenyse kriauklės ištirpsta.

Natūraliuose ežerų vandenyse pH kinta nuo 6,0 iki 9,0. Veikiant vulkaninės kilmės rūgštims, pH gali sumažėti iki 1,7, taip dažnai nutinka aktyvios ugnikalnių veiklos zonos (pavyzdžiui, Kamčiatkoje, Kuriluose). Jeigu ūkį maitinantys vandenys teka per kalkines nuosėdas, tai pH gali siekti 9,0. Dažniausiai taip būna arteziniuose šaltiniuose.

Vandens buferinės savybės vertinamos pagal **vandens šarminumą**, kuris glaudžiai susijęs su karbonatiniu vandens kietumu. Šarminumas (jis žymimas simboliu Alk) išreiškia silpnų rūgščių anijonų, surištų su stipria baze, koncentraciją. Natūralių arba išvalytų vandenų šarminumas suprantamas, kaip kai kurių jų komponentų gebėjimas surišti ekvivalentinį stiprių rūgščių kiekį. Šarminumą sąlygoja silpnų rūgščių anijonų (karbonatų, hidrokarbonatų, silikatų, boratų, sulfidų, hidrosulfidų, sulfidų, hidrosulfidų, huminių rūgščių anijonų, fosfatų) buvimas vandenyje. Hidrolizuodamiesi anijonai sudaro hidroksido jonus: jų suma vadinama bendroju šarminumu (AlkT). Kadangi paskutinių trijų koncentracijos yra nedidelės, vandens šarminumą lemia anglies rūgšties anijonai (karbonatinis šarminumas). **Karbonatinis šarminumas** apskaičiuojamas pagal formulę:

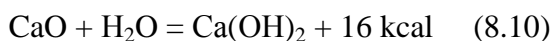
$$\text{Alk (mg-ekv/l)} = (\text{HCO}_3^- \text{ mg/l} / 61) + (\text{CO}_3^{2-} \text{ mg/l} / 24) \quad (8.9)$$

Ryšys tarp vandens pH ir anglies formų, kurios įeina į buferinę gėlo vandens sistemą, pateiktas 8.1. pav.



8.1. pav. pH ir anglies formų ryšys gėlame vandenyje.

Jeigu uždaroje recirkuliacinėse sistemose vandens papildymo buferinės savybės nedidelės, tai vandens pH stabilizavimui naudojamas kalkių pienas, gaunamas gėsinant kalkes CaO. Kartu susidaro stipri bazė – kalcio hidroksidas Ca(OH)₂.



Dėmesio! Reakcija vyksta šilumai išsiskiriant (egzoterminis procesas, šiluminis efektas matuojamas kilokalorijomis 1 moliui)!

1 kg amoniako, kurį išskiria hidrobiontai (NH⁴⁺-N), reikia apie 4 kg CaO.

8.5. poskyris. Vandens tarša azotu

Vandens užterštumą azotu parodo NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ jonai. Šių formų azoto buvimą vandenyje nulemia į vandenį patenkančių hidrobiontų ir sausumos gyvūnų (taip pat ir žmonių) metabolizmo produktų kiekis. Vien aukščiau nurodytų jonų kiekis dar nesuteikia pakankamos informacijos apie vandens toksiškumą hidrobiontams. Būtinai kompleksinis toksiškumo įvertinimas, atsižvelgiant į vandens pH, temperatūrą ir kietumą.

Supaprastinta azoto taršos patekimo į vandenį schema pateikta 8.2. pav. Metabolizmo produktai patenka į vandenį amonio jonų NH₄⁺ ir organinių dalelių pavidalu, kurios oksiduojasi ir, galiausiai, išskiria tą patį amonio joną. Organinių dalelių oksidacijos procesas, kai išskiria amonis, vadinamas amonifikacija. Vandens tirpale amonio jonai beveik praranda savo joninę formą, sudarydami nejonizuotą amoniaką:

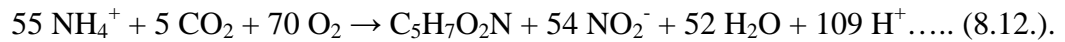


Dviejų formų NH₃ ir NH₄⁺ procentinis santykis priklauso nuo vandens pH ir temperatūros.

Tolesnis amonio jonų likimas vandenyje priklauso nuo kontakto su *Nitrosomonas* genties bakterijomis. Šios genties bakterijos gyvena tiek vandenyje, tiek dugno nuosėdose ir įvairiuose substratuose, tiek atviruose vandens telkiniuose, tiek dirbtinėse žuvivaisos sistemose. Šios genties bakterijos amonį NH₄⁺ pakeičia į nitritą NO₂⁻. Konversijos procesas vyksta aktyviai naudojant

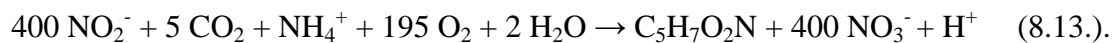
deguonį ir energiją. Bakterijos utilizuoja energiją, anglies dioksidą ir deguonį gamindamos organinius junginius, būtinus ląstelėms augti ir medžiagų apykaitai. Bendra organinės medžiagos sintezės lygtis atrodo taip:

Nitrosomonas



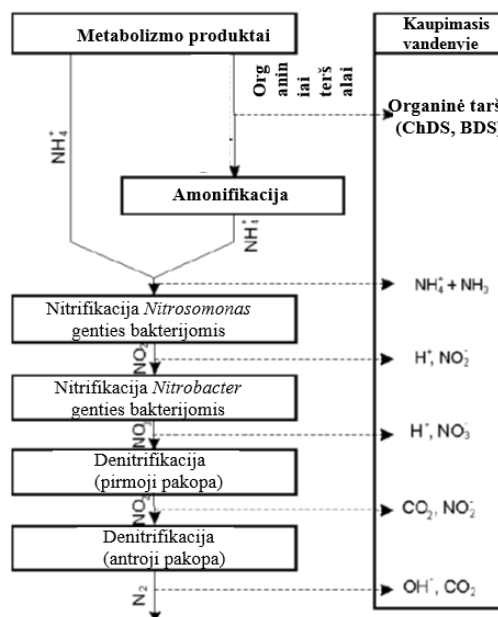
Nitrosomonas genties bakterijų produkuojamas nitritas NO_2^- oksiduojamas grupės *Nitrobacter* genties bakterijų. Procesas vyksta sunaudojant deguonį, anglies dioksidą ir išsiskiriant energijai. Organinės medžiagos sintezės lygtis:

Nitrobacter



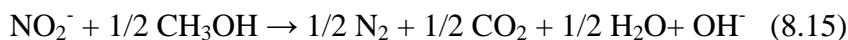
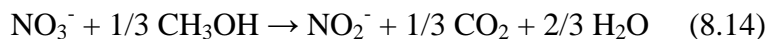
Amonio oksidacijos iki nitrato reakcija vadinama **nitrifikacijos** reakcija. Ši reakcija vyksta sunaudojant daug deguonies. Vieno kg amoniako oksidacijai ($\text{NH}_3\text{-N}$) reikia apytiksliai 4,57 kg deguonies.

Vandens sistemoje susikaupiantį nitratai gali suskaidyti įvairios bakterijos: fakultatyvinės, anaerobinės, heterotrofinės. Šis procesas vadinamas denitrifikacija. Denitrifikacija vyksta dviem stadijomis: nitrito susidarymo iš nitrato ir nitrito redukcijos iki dujinio azoto. Šios abi reakcijos vyksta esant anglies šaltiniui. Reakcijos vyksta efektyviau vandenyje, kurio prisotinimas deguonimi mažesnis nei 1 mg/l, bet ir prisotintame deguonimi vandenyje denitrifikacijos reakcija neišnyksta visiškai. Anglies (kuri yra būtina reakcijos bakterijoms) šaltinis yra organinė medžiaga, patenkanti į vandenį kaip metabolizmo produktas.



8.2. pav. Metabolizmo produktų kaupimo ir konversijos vandenyje schema.

Denitrifikacijos reakcija sėkmingai vyksta naudojant metanolį kaip anglies šaltinį

**8.6. poskyris. Azoto taršos toksiškumas**

Į vandenį patenkant metabolizmo produktams, jiems oksiduojantis ir vykstant nitrifikacijos ir denitrifikacijos reakcijoms, vandenyje susidaro keturios azoto taršos formos: NH_4^+ , NH_3 , NO_2^- , NO_3^- . Visos jos skirtingai toksiškos auginamiems organizmams. Toksiškumo matas yra šių produktų koncentracija vandenyje, matuojama mg/l.

Siekiant išvengti neatitikimų vertinant skirtingų azoto taršos formų toksiškumą, kreipiamas dėmesys į vartojamus terminus. Pagal tarptautinės organizacijos MŽŪO rekomendacijas naudojami terminai:

„amonis“ – NH_4^+ jonas;

„nejonizuotas arba dujinis amoniakas“ – NH_3 ;

„amoniakinis azotas“ – azoto kiekis dujiniame amoniake - $\text{NH}_3\text{-N}$

„amonio azotas“ – azoto kiekis NH_4^+ (žymimas $\text{NH}_4^+\text{-N}$);

„bendrasis amoniakinis azotas“ (bendrasis amoniako ir amonio druskų azotas) – $\text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4^+ \text{-N}$.

Transformacijos formulės:

$$\text{NH}_3 \text{ (mg/l)} = 1,2159 \text{ NH}_3\text{-N (mg/l)}$$

$$\text{NH}_4^+ \text{ (mg/l)} = 1,2873 \text{ NH}_4^+\text{-N (mg/l)}$$

$$\text{NO}_2^- \text{ (mg/l)} = 3,3333 \text{ NO}_2^-\text{-N (mg/l)}$$

$$\text{NO}_3^- \text{ (mg/l)} = 4,4267 \text{ NO}_3^-\text{-N (mg/l)}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/l)} = 3,664 \text{ CO}_2\text{-C (mg/l)}$$

8.6.1. poskyris. Amonio ir dujinio amoniako toksiškumas.

Kaip jau buvo minėta, vandenyje amonis ir dujinis amoniakas pasiskirsto pagal tam tikrą santykį. Nejonizuoto amoniako kiekis bendrajame produkto kiekyje priklauso nuo vandens temperatūros ir pH. Žinoma, kad tiesioginį toksiškąjį poveikį žuvims turi dujinis amoniakas, o amonio jonai yra silpnai toksiški. Kadangi, naudojantis laboratorinėmis analizėmis ir prietaisais

nustatomas bendrasis amonio ir nejonizuoto amoniako kiekis, tai pastarojo kiekis nustatomas apskaičiuojant. Nejonizuoto amoniako dalis (NAD) apskaičiuojama naudojant išraišką:

$$DAN = \frac{100}{1 - \text{anti log}(pK_a - pH)} \quad (8.16),$$

kur pK_a – amoniako jonizacijos konstantos neigiamas logaritmas, kuris priklauso nuo temperatūros (žr. 8.6. lent.).

Antilogaritmas – funkcija, priešinga logaritmui: rasti logaritmą – tai pagal žinomą skaičiaus logaritmą rasti patį skaičių. Dešimtainiui logaritmui $\lg a$, antilogaritmas lygus 10^a . Pavyzdžiui, jeigu skirtumas $(pK_a - pH) = 2$, tai antilogaritmas $(pK_a - pH) = 10^2 = 100$.

8.6. lentelė. Amoniako jonizacijos konstantos priklausomybė nuo temperatūros.

Vandens temperatūra, °C	5	10	15	20	25	30
pK_a	9,90	9,73	9,56	9,40	9,24	9,09

Bendrasis nejonizuoto amoniako toksiškumo vertinimas mg NH₃/l

0,2 – 2,0 – ūmi letalinės koncentracija. Jautriausi yra upėtakiai, atspariausias – karpis.

0,15 – atlaiko trumpalaikį poveikį, tačiau gali būti neigiamų pasekmių.

0,025 – gerai jaučiasi be pasekmių.

Nejonizuoto amoniako koncentracija (0,025 mg NH₃/l) laikoma kaip leistina koncentracija upėtakiams ir lašišinėms žuvims. Dėl šio kriterijaus naudojimo patogumo, koncentracija 0,025 mg NH₃/l pervesta į bendrojo amoniako NH₃ + NH₄⁺ koncentraciją ir apskaičiuota skirtingoms temperatūroms ir pH reikšmėms. (žr. 8.7. lent.). Turint NH₃ + NH₄⁺ matavimo rezultatus, vandens pH ir temperatūros reikšmes galima nustatyti iš lentelės: ar tokia koncentracija atitinka leistinas normas.

8.7 lentelė. Leistinos bendrojo amoniako koncentracijos mg NH₃ + NH₄⁺/l, atitinkančios koncentracijas 0,025 mg NH₃/l.

Temperatūra, °C	pH					
	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
5	63,3	20,0	6,3	2,0	0,66	0,23
10	42,4	13,4	4,3	1,4	0,45	0,16
15	28,9	9,2	2,9	0,94	0,31	0,12
20	20,0	6,3	2,0	0,66	0,22	0,088
25	13,9	4,4	1,4	0,46	0,16	0,069
30	9,8	3,1	1,0	0,34	0,12	0,056

8.6.2. poskyris. Nitritų toksiškumas

Nitritas (NO_2^-) vandenyje atsiranda kaip tarpinė forma, vykstant dviem procesams: nitrifikacijai ir denitrifikacijai. Švairiuose natūraliuose vandens šaltiniuose randama tik nitrito pėdsakų. Žuvivaisos sistemose, ypač uždaroje recirkuliacinėse sistemose, nitrito koncentracija gali pasiekti kritinę ribą. Nustatyta, kad nitrito toksiškumas žuvims stipriai sumažėja vandenyje išaugus chloro jonų skaičiui. Įvairiuose literatūros šaltiniuose pateikti nurodymai dėl gerokai sumažintos nitrito leistinos ribos koncentracijos skirtingoms žuvų rūšims (nenurodant chloro jonų koncentracijos). Todėl, pavyzdžiui, rekomenduojama žinoti, kad maksimali nitritinio azoto ($\text{NO}_2\text{-N}$) koncentracija upėtakiams 0,19–0,23 mg/l, karpiams 0,2–0,3 mg/l. Tačiau eksperimentuose su didžiaja laiša saugi nitritinio azoto koncentracija buvo 8,9 mg/l, kai chloro jonų koncentracija –33,2 mg/l. Esant padidėjusiai chloro jonų koncentracijai iki 261 mg/l, saugi nitritinio azoto koncentracija tampa 29,8 mg/l.

Nitrito toksiškumo sumažėjimas į vandenį įvedus chloro jonus padeda išvengti dusimo situacijų. Pavyzdžiui, uždarosios recirkuliacinės sistemos pirmojo paleidimo metu nitrito koncentracija siekia 5–15 mg NO_2/l ir išlieka tokia keletą dienų, kol nepradeda veikti antroji nitrifikuojančių bakterijų grupė. Nitrito toksiškumas neutralizuojamas, kai chloro jonų koncentracija vandenyje pasiekia 80–100 mg/l. Tai saugi chloro koncentracija auginamiems organizmams. Maistinė druska NaCl arba druskos rūgštis HCl naudojama kaip chloro jonų šaltiniai.

8.6.3. poskyris. Nitratų toksiškumas

Nitrato jonas NO_3^- vandenyje atsiranda kaip galutinis nitrifikacijos produktas. Jis ne toks toksiškas žuvims ir kitiems hidrobiontams. Pavyzdžiui, karpio normalus augimas pastebimas tada, kai $\text{NO}_3\text{-N}$ yra iki 90 mg/l esant 25 °C temperatūrai ir pH 5,3–5,8. Be to, nejonizuoto amoniako $\text{NH}_3\text{-N}$ azoto koncentracija siekia 0,013 mg/l. Turima duomenų ir apie nitrato azoto $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentraciją, siekiančią iki 400 mg/l ir nesukeliančią katastrofiškų padarinių.

Nors nitrato jonams nėra būdingas didelis toksiškumas, jiems susidarant, išsiskiria tam tikras vandenilio jonų kiekis (žr. 8.13. ir 8.14. lygtis). Vandenilio jonų H^+ produkcija oksiduojantis vienam kg NH_4^+ bus 110 g-jonų H^+ /kg NH_4^+ amonio arba 141 g-jonų H^+ /kg amonio azoto $\text{NH}_4^+\text{-N}$.

Vadinasi, didinant nitrato koncentraciją, mažėja vandens pH reikšmė. Toksinis nitrato veikimas pasireiškia vandenilio jonų koncentracijos padidėjimu, t. y. vandens pH sumažėjimu. Šio poveikio neutralizavimo metodai aprašyti aukščiau.

8.7. poskyris. Organinių skendinčių dalelių toksiškumas

Organinių skendinčių dalelių vandenyje šaltinis yra visi gyvieji ir nnykę vandens organizmai, iš dirvožemių išplauti irimo produktai ir dumblo nuosėdų, kanalizacijos ir gyvulininkystės įmonių nuotekos. Organinė medžiaga – tai įvairiausi angliavandenių, baltymų ir riebalų metabolizmo produktai. Natūraliuose vandenyse šios medžiagos, galiausiai, yra bakterijų mineralizuojamos ir sudaro daugelio augalų mitybos pagrindą. Žuvivaisos sistemose aukšta organinės skendos koncentracija slopina hidrobiontų vystymąsi. Padidėjęs organinės skendos kiekis nurodo vandens šaltinio arba žuvivaisos sistemos užterštumą, todėl turi būti imamasi priemonių dusimo reiškių prevencijai.

Organinė medžiaga vandenyje egzistuoja skendos, koloidinių ir molekulinų junginių pavidalu. Neegzistuoja pakankamai paprasto metodo organinei medžiagai išskirti iš vandens, todėl užterštumo vertinimas atliekamas pagal netiesioginius rodiklius: pagal deguonies chemių suvartojimą (ChDS) oksiduojant vandenį chemiiais oksidantais, pagal biochemių deguonies suvartojimą (BDS), organinę anglį, kurios kiekis organinėse medžiagose artimas 50 %.

ChDS – vandens oksidacijos dydis, matuojamas pagal deguonies kiekį mg, sunaudojamą oksiduoti organines medžiagas, esančias viename litre vandens. Priklausomai nuo naudojamo oksidatoriaus, skiriama permanganatinė oksidacija (oksidatorius KMnO_4) ir chromatinė arba bichromatinė oksidacija (oksidatorius $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Žuvininkystės praktikoje permanganatinis oksidacijos nustatymo būdas plačiai paplito dėl savo paprastumo.

BDS – biocheminis deguonies sunaudojimas mg, būtinas biochemiškai oksiduoti organines medžiagas, esančias 1 l vandens per tam tikrą laiko tarpą.

BDS_5 – per penkias dienas, BDS_{20} – per dvidešimt dienų, $\text{BDS}_{\text{visiškas}}$ – per ilgesnį laikotarpį.

Vandeniui, kuris yra užterštas žuvų gyvybinės veiklos produktais, nustatytas ryšys tarp dviejų taršos koncentracijos matavimo būdų – tarp ChDS ir BDS:

$$\text{BDS}_{\text{pilnas}} = 0,277 \text{ ChDS}$$

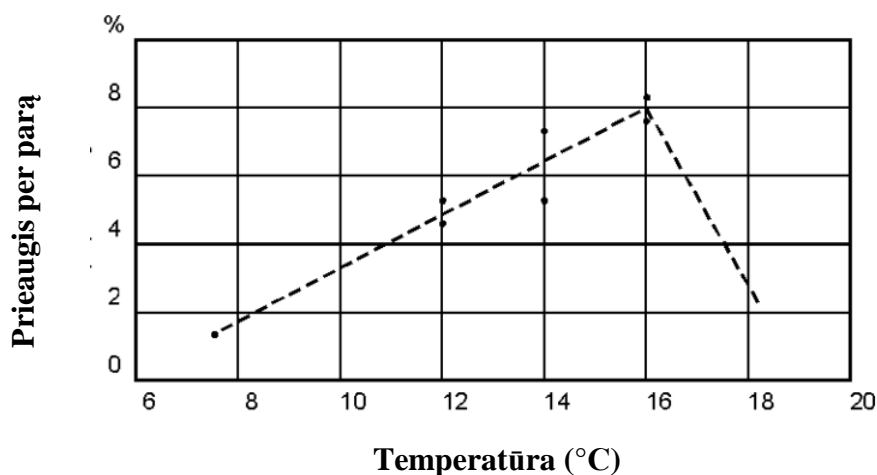
$$\text{BDS}_5 = 0,212 \text{ BDS}_{\text{pilnas}}$$

Karpių ūkiams rekomenduojamas vanduo, kurio biologinė oksidacija yra iki 10–30 mg/l, kurią perskaičiavus į ChDS, gaunama 180–500 mg O_2 /l. Upėtakių ūkiams rekomenduojamas vanduo, kurio biologinė oksidacija iki 8 mg O_2 /l, pagal ChDS iki 140 mg O_2 /l.

8.8. poskyris. Vandens temperatūra

Temperatūra yra svarbiausia vandens fizikinė savybė. Pagrindinis veiksnys, renkantis auginamus organizmus, turi būti planuojamo auginti organizmo optimali arba artima jai vandens temperatūra. Temperatūra turi būti optimali kiek įmanoma ilgesnį auginimo sezoną. Tai ne taip svarbu uždarsioms sistemoms, kuriose vandens temperatūra palaikoma techninėmis priemonėmis. Sezoninis temperatūros kitimas daro įtaką visoms sistemoms, išskyras uždaršias.

Kadangi žuvis ir kiti akvakultūros objektai priskiriami poikiloterminiams (šaltakraujams) organizmams, jų kūno temperatūra greitai susivienodėja su vandens temperatūra. Cheminės reakcijos žuvų organizme yra tiesiogiai susijusios su vandens temperatūra. Padidėjus temperatūrai, cheminių reakcijų aktyvumas išauga, o sumažėjus – krenta. Temperatūros poveikis žuvų augimui gerai iliustruojamas pavyzdyje su eksperimentiniu būdu gautais duomenimis apie japoninės lašišos augimo tempą (*Oncorhynchus masou* žr. 8.3 pav.).



8.3. pav. Japoninės lašišos 0,4–2,0 g dydžio grupės mailiaus augimo tempas.

Temperatūros padidėjimas pagreitina chemines reakcijas, kurias katalizuoja fermentai. Didesnis žuvų augimo tempas užtikrinamas temperatūroje padidinus nuo 8 iki 16 °C. Esant pakankamai žemai temperatūrai, kai kurios gyvybiškai svarbios reakcijos nevyksta visai arba vyksta pernelyg lėtai, kad užtikrintų organizmo gyvybingumą. Esant tokiai temperatūrai, organizmas gali egzistuoti, bet masės augimas nevyksta. 8.3. pav. šis ruožas yra, kai temperatūra mažesnė nei 7 °C. Dar labiau sumažėjus temperatūrai, žuvis žūsta.

Vandens temperatūros padidėjimo sukeliamas augimo tempo padidėjimas tik iki tam tikros ribos, nes procesų kinetinė energija tampa pakankama, kad pradėtų irti kai kurie cheminiai junginiai. Be to, energija pradeda naudoti ne augimui, bet pagreitėjusios apykaitos palaikymui. Visa tai sukelia augimo greičio sumažėjimą.

Japoninėms lašišoms (8.3. pav.) tai vyksta, kai temperatūra didesnė nei 16 °C. Prie tam tikros temperatūros reikšmės žuvis žūsta.

Vandens temperatūros poveikio žuvų auginimui rezultatus galima pailiustruoti didžiųjų lašišų auginimo pavyzdžiu (*Oncorhynchus kisutch*) (žr. 8.8 lent.).

8.8. lentelė. Didžiosios lašišos auginimas gėlame vandenyje (įmonės LLC Fishery Company "Nichira" medžiaga).

Vandens temperatūra, °C		Galima veisimo temperatūra	Optimali temperatūra veisimui
0	Išgaišimas	3–18	13–17
0-5	Nepatenkinamas pašaro priėmimas		
5–10	Blogas augimas		
10–17	Geras vystymasis		
>17	Nepatenkinamas pašaro priėmimas		
>20	Išgaišimas		

Norint sėkmingai valdyti žuvų ūkį, reikia atsižvelgti į su vandens temperatūros kitimo greičiu susijusius reiškinius. Atliekant technologinio pobūdžio priemones, pavyzdžiui, perkelti žuvis iš vieno baseino į kitą, pernešant žuvis žuvų gabenimo automobiliais, vandens keitimas baseine ir pan., žuvis gali patirti staigų temperatūros pokytį, kuris gali sukelti stresą ir net žuvų organizmų žūtį. Perkelti žuvis į vandenį, kurio temperatūra skiriasi 2 °C, žuvis turi būti aklimatizuojamos. Lervos, mailius, jaunikliai turi būti įdedami į maišus arba konteinerius ir paskui pernešami šiuose induose į naują talpyklą, kur vandens temperatūra juose suvienodinama su talpyklos temperatūra. Jeigu temperatūros skirtumas didesnis nei 10 °C, šis metodas yra netinkamas. Daugeliui organizmų aklimatizavimo greitis neturi būti didesnis nei 5 °C per valandą. Siekiant išvengti šoko keičiantis temperatūrai, visi žuvivaisos veiksmai turi būti atliekami apsiviaukusiomis dienomis. Gyvų žuvų pernešimo veiksmai atidedami iki metų laiko, kai vandens temperatūra ir oro temperatūra apytikriai vienodos (pavasaris, rudenis).

8.9. poskyris. Deguonis ir žuvų deguonies suvartojimas

Visiems auginamiems vandens organizmams būtinas deguonis, kurį jie turi išgauti iš vandens. Pagrindinis deguonies papildymo šaltinis natūraliuose vandenyse yra atmosfera ir fotosintezuojantys augalai. Atmosferoje yra 21 % deguonies, o deguonies kiekis vandenyje priklauso nuo įvairių veiksnių, ypač, vandens temperatūros ir chloro jonų kiekio jame. Kiekvienai temperatūros ir druskingumo (chloringumo) reikšmei galima nustatyti 100 % pusiausvyrą prisotinimą atmosferiniu deguonimi. Šaltame gėlame vandenyje prisotinimas

didesnis, nei šiltesniame ir chloro jonų prisotintame vandenyje. Pusiausvyras prisotinimas yra pakankamai svarbus rodiklis, pagal kurį vertinama vandens deguonies keliamoji galia.

Praktiniam naudojimui ši informacija pateikta 8.9. lent.

8.9. lentelė. Deguonies tirpumas vandenyje, esant 760 mm gyvsidabrio stulpelio slėgiui, mg/l priklausomai nuo temperatūros ir chloridų koncentracijos vandenyje.

Temperatūra °C	Chloridų koncentracijos vandenyje mg/l					Deguonies kiekio skirtumas 100 mg chloridų
	0	5000	10000	15000	20000	
0	14,6	13,8	13,0	12,1	11,3	0,017
1	14,2	13,4	12,6	11,8	11,0	0,016
2	13,8	13,1	12,3	11,5	10,8	0,015
3	13,5	12,7	12,0	11,2	10,5	0,015
4	13,1	12,4	11,7	11,0	10,3	0,014
5	12,8	12,1	11,4	10,7	10,0	0,014
6	12,5	11,8	11,1	10,5	9,8	0,014
7	12,2	11,5	10,9	10,2	9,6	0,013
8	11,9	11,2	10,6	10,0	9,4	0,013
9	11,6	11,0	10,4	9,8	9,2	0,012
10	11,3	10,7	10,1	9,6	9,0	0,012
11	11,1	10,5	9,9	9,4	8,8	0,011
12	10,8	10,3	9,7	9,2	8,6	0,011
13	10,6	10,1	9,5	9,0	8,5	0,011
14	10,4	9,9	9,3	8,8	8,3	0,010
15	10,2	9,7	9,1	8,6	8,1	0,010
16	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	0,010
17	9,7	9,3	8,8	8,3	7,8	0,010
18	9,5	9,1	8,6	8,2	7,7	0,009
19	9,4	8,9	8,5	8,0	7,6	0,009
20	9,2	8,7	8,3	7,9	7,4	0,009
21	9,0	8,6	8,1	7,7	7,3	0,009
22	8,8	8,4	8,0	7,6	7,1	0,008
23	8,7	8,3	7,9	7,4	7,0	0,008
24	8,5	8,1	7,7	7,3	6,9	0,008
25	8,4	8,8	7,6	7,2	6,7	0,008
26	8,2	7,8	7,4	7,0	6,6	0,008
27	8,1	7,7	7,3	6,9	6,5	0,008
28	7,9	7,5	7,1	6,8	6,4	0,008
29	7,8	7,4	7,0	6,6	6,3	0,008
30	7,6	7,3	6,9	6,5	6,4	0,008
31	7,5					
32	7,4					
33	7,3					
34	7,2					
35	7,1					
36	7,0					
37	6,9					
38	6,8					

39	6,7					
40	6,6					

Jeigu dėl kokių nors priežasčių vandens prisotinimas telkinyje yra mažesnis nei pusiausvyros prisotinimo reikšmė, tai oro deguonis pernešamas į vandenį dėl susidarancio koncentracijos gradiento. Deguonies pernešimo greitis didesnis tada, kai didesnis koncentracijos gradientas, t. y. kuo didesnis skirtumas tarp pusiausvyros ir realaus vandens prisotinimo. Kai realus vandens prisotinimas priartėja prie pusiausvyros, proceso greitis sulėtėja. Kai vandens prisotinimas deguonimi yra didesnis nei pusiausvyra, vyksta deguonies praradimo vandenyje procesas (difuzija). Prisotinimo ir difuzijos procesai vyksta per skiriamąjį aplinkos vandens/oro paviršių, todėl, kuo skiriamasis paviršius didesnis, tuo intensyviau vyksta procesas. Skiriamasis paviršius gali būti dirbtinai padidintas, kai oras purškiamas arba barbotuojama. Turbulentinės vandens tėkmės sukūrimas taip pat padidina proceso greitį, nes padidėja koncentracijos gradientas prie skiriamosios ribos maišantis skirtingo prisotinimo vandens sluoksniams. Deguonies difuzijos procesai nejudančiame vandenyje daro tokią mažą įtaką skirtingų vandens sluoksnių prisotinimui, kad jų galima nepaisyti. Fotosintezė – antrasis vandens sistemų deguonies šaltinis. Deguonis yra augalų fotosintezės šalutinis produktas. Tačiau fotosintezė ir deguonies produkavimas vyksta tik esant šviesai. Tas dumblas, kuris dienos metu išskiria deguonį, naktį jį sugeria. Saulėtomis dienomis deguonies kiekis, kurį į vandenį išskiria dumblas, gali būti toks didelis, jog vandens prisotinimo lygis stipriai viršys pusiausvyros prisotinimo reikšmę. Tokiu atveju, deguonis išsiskiria iš vandens į aplinką. Žinomi atvejai, kai vandens prisotinimas siekia 300 % nuo pusiausvyros prisotinimo reikšmės. Maksimali deguonies koncentracija būna vidudienį arba šiek tiek vėliau, o minimali – auštant. Dumblo deguonies suvartojimas tamsiu paros metu gali sumažinti jo koncentraciją vandenyje iki pavojingos ribos auginamiems organizmams. Ypač pavojų kelia ramios, nevėjuotos naktys, kai vandens papildymas oro deguonimi apsunkintas. Deguonies koncentracijos valdymas atviruose telkiniuose turi būti atliekamas ryto valandomis.

Deguonies koncentracijų norma žuvininkystės sistemų vandenyje.

Natūraliuose atviruose vandens telkiniuose, dėl dumblių fotosintezės, viršutinė prisotinimo riba gali siekti 300 % pusiausvyros prisotinimo. Kartu nepastebima ir žuvų gaišimo ar kokių nors kitų neigiamų pasekmių. Deguonies koncentracijos sumažėjimas iki 60 % pusiausvyros prisotinimo beveik nepaveikia upėtakių ir karpų augimo bei pašarų naudojimo. Laikinas deguonies koncentracijos sumažėjimas žemiau nei 60 % sukelia stresą kelioms dienoms – žuvis nustoja maitintis. Toliau mažėjant deguonies koncentracijai, žuvis pradeda gaišti.

Apatinė deguonies koncentracijos riba priklauso nuo žuvų rūšies ir kūno masės, taip pat vandens temperatūros.

Deguonies koncentracijos riba yra svarbi informacija atliekant žuvų pernešimą. Tuo metu žuvis nesimaitina, o vienintelė žuvivaisininko užduotis yra išsaugoti žuvį gyvą. Deguonies koncentracijos riba vandenyje skirtingų rūšių žuvisms pateikta 8.10. lent.

8.10. lentelė. Deguonies koncentracijos ribos intervalas skirtingų žuvų rūšių gyvybinei veiklai, mg/l

Žuvies rūšys	Koncentracijos ribos intervalas, mg/l
Karpis	1–1,4
Karpis (mailius)	2,4–3,8
Eršketas	1,4–1,8
Eršketas (šiūmetukai)	1,0–1,8
Eršketas (mailius)	2,1–2,5
Eršketas (lervutės)	1,6
Eršketas (ikrai)	5,6
Žvaigždėtasis eršketas	1,8–2,4
Žvaigždėtasis eršketas (šiūmetukai)	1,4–2,0
Žvaigždėtasis eršketas (mailius)	2,1–3,0
Žvaigždėtasis eršketas (lervutės)	2,3
Žvaigždėtasis eršketas (ikrai)	5,6
Įvairaus amžiaus sterlė	3,4
Įvairaus amžiaus upėtakis esant 6 °C	1,12
Įvairaus amžiaus upėtakis esant 10 °C	1,8–2,5
Lašiša (metų amžiaus)	1,0–1,12
Lašiša (mailius)	1,12–1,8
Lašiša (lervutės)	1,12–3,0
Sumatros barbusas	4,9
Kardinolas	2,1
Rožinės danijos	1,4
Kalavijuotis	1,4

8.11. lentelė. Eršketinių žuvų embrionų deguonies suvartojimas.

Temperatūra, °C	Suvartojimas, mg O ₂ /kg žuvies per val.	CO ₂ išskyrimas, ml/kg žuvies per val.
7	9,8	4
8	14	6
9	18	8
10	21	10
11	24	12
12	27	13
13	28	15
14	29	16
15	31	17
16	32	18
18	35	20

19	36	21
20	38	22
21	39	23
22	41	24
23	42	25
24	43	26
25	45	27

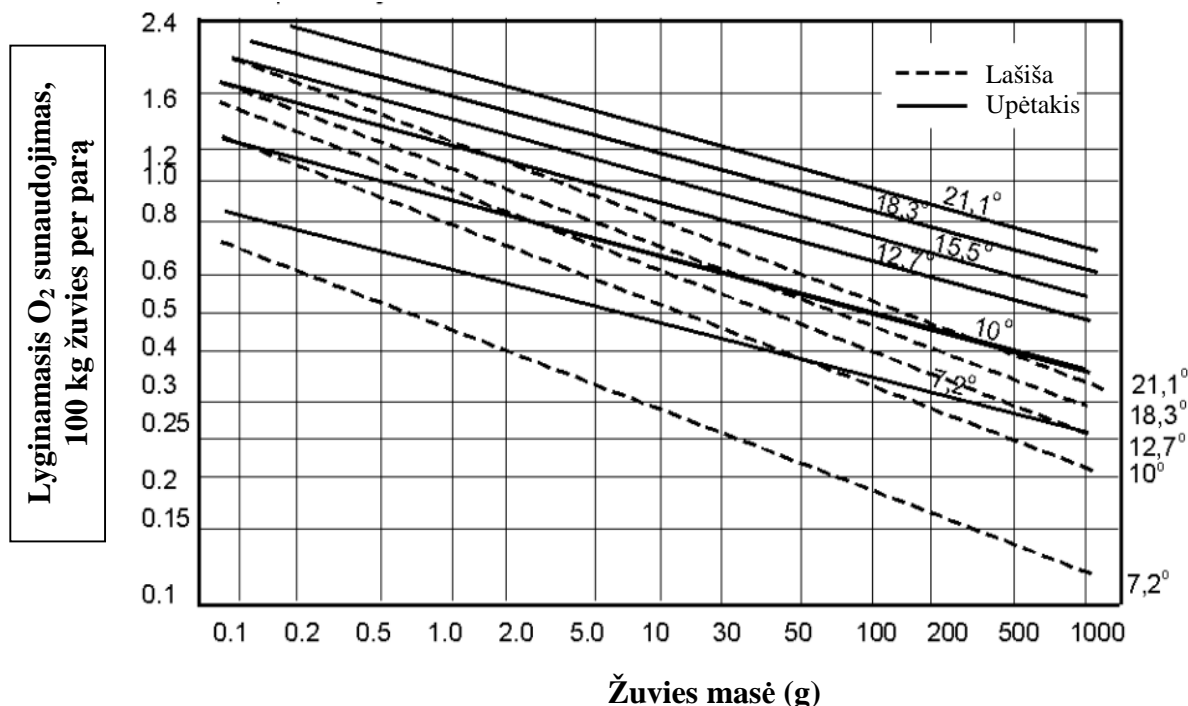
Optimali deguonies koncentracija žuvims parenkama priklausomai nuo žuvų išsivystymo: ikrai, lervos, mailius, prekinė žuvis. Ikrų inkubavimo stadijoje reikalavimai deguonies koncentracijai yra griežtesni, nei kitose stadijose. Pavyzdžiui, inkubuojant karpio ikrus, deguonies koncentracijos sumažėjimas (galimas iki 6,5 mg/l, o tai sudaro 70 % pusiausvyros prisotinimo) yra letalinis. Sustiprinto ikrelių vystymosi metu, pagrindinių organų ir embrionų audinių išleidimo metu, net 100 % vandens prisotinimas (8,5 mg/l) tampa pavojingu – dalis ikrų žūva. Deguonies koncentracijos padidinimas iki 25-35 mg/l nedaro poveikio ikrų vystymosi greičiui. Tačiau, esant tokiai didelei deguonies koncentracijai, sumažėja ikrų atliekų. Toliau vystantis, mailius, gautas iš ikrelių, inkubuojamų esant didesnei deguonies koncentracijai, greičiau vystosi ir įgauna masės, nei mailius, gautas iš ikrų, inkubuotų esant 100 % vandens prisotinimui. Lervutės stadijoje, kai žuvies organizmas pereina morfologinį virsmą, reikalavimai deguonies koncentracijai ne mažiau griežti. Deguonies koncentracija turi būti palaikoma ties 100 % prisotinimo riba, nors didesnė koncentracija nepadaro akivaizdžios žalos, jeigu ji nesusijusi su dujų burbuliukų pavojumi. Vėlesnėse mailiaus vystymosi ir prekinės žuvies auginimo stadijose, optimalios deguonies koncentracijos intervalas yra nuo 90 iki 200 % prisotinimo. Tolesnis koncentracijos didinimas nėra efektyvus. Akivaizdu, kad esant aukštai deguonies koncentracijai, žuvis pašarą įsisavina efektyviau, o kvėpavimo ir padidėjusios deguonies koncentracijos zonų paieškoms energijos sąnaudos sumažėja iki minimalių. Apie deguonies trūkumą galima suprasti iš žuvų elgsenos. Deguonies trūkumą parodo žuvų koncentracija ten, kur įteka vandens baseinas, šokinėjimas, žuvies susitelkimas viršutiniuose vandens sluoksniuose.

Žuvų deguonies suvartojimas.

Žuvų deguonies suvartojimas priklauso nuo vystymosi stadijos, kūno masės, temperatūros ir suvartoto pašaro kiekio. Embrionui vystantis, deguonies suvartojimas didėja.

Inkubuojant ikrus ceche, deguonies poreikis patenkinamas naudojantis vandeniu, tekančiu pro inkubatorių. Vežant akutės stadijos ikrus, deguonies poreikis patenkinamas tomis deguonies atsargomis, kurios yra patalpinamos į ikrų gabenimo konteinerį. Didėjant temperatūrai, didėja ir embriono deguonies suvartojimas. Erškėtinių embrionų deguonies suvartojimo augimas pateiktas 8.11. lent.

Žuvims augant ir vystantis, kai lervutės pradeda maitintis išoriniu pašaru, mažėja lyginamasis deguonies suvartojimas žuvų masės vienetui. Kartu išlieka lyginamojo deguonies suvartojimo priklausomumas nuo temperatūros funkcijos temperatūros intervale, kuriame galimas veisimas. Šią priklausomybę iliustruoja lašių ir upėtakių deguonies suvartojimas temperatūrų intervalu nuo 7,2 iki 21,1 °C, kai žuvų masė – iki 1000 g.



8.4. pav. Deguonies suvartojimas priklausomai nuo žuvų masės ir temperatūros.

Deguonies suvartojimas per parą – nevienodas. Maksimalus upėtakių deguonies suvartojimas pastebimas po 10-15 min. (po pašarų įnešimo) ir sumažėja po 1-1,5 valandos. Deguonies suvartojimo lygis kinta nuo 1,2 iki 2 kartų. Panašus vaizdas pastebimas šeriant karpius. Dėl šios priežasties visi duomenys apie deguonies suvartojimą pateikti paros intervalu. Praktiniams deguonies poreikio žuvims skaičiavimams naudojamas žuvies suvartotas pašaro kiekis. Upėtakių optimaliame temperatūros diapazone deguonies suvartojimas proporcingas pašaro suvartojimui. 1 kg sauso granuliuoto pašaro žuvis suvartoja 0,22 kg deguonies. Toks skaičiavimas taikomas tik normaliomis žuvų auginimo technologinio proceso sąlygomis. Iš tiesų, nustojus šerti žuvis, deguonies suvartojimas nebus lygus nuliui.

8.10. poskyris. Medžiagos, ribojančios vandens taikymą žuvininkystėje

Geležis – yra būtinas gyvybei cheminis elementas, įeinantis į kraujo hemoglobino sudėtį. Vandenyje geležis yra dioksido Fe^{3+} ir monoksido Fe^{2+} forma. Divalentė geležis lengvai

oksiduojasi į trivalentę, kai yra deguonies. Toksiškesnė žuvims yra divalentė geležis, kuri dažnai yra artezinių šaltinių sudėtyje bei kaupiasi tvenkiniuose po ledu. Perteklinis geležies kiekis, ypač divalentės, neigiamai veikia žuvininkystės rezultatus ir gali sukelti žuvų gaišimą. Geležies toksiškumas rūgštinėje aplinkoje sustiprėja. Auginant karpus, rekomenduojama naudoti vandenį, kurių sudėtyje bendrasis geležies kiekis yra nuo dešimtųjų gramo dalių iki 1-2 mg/l. Auginant upėtakius – 0,1-0,3 mg/l.

Arteziniai vandenys, kurių sudėtyje yra divalentės geležies perteklius, sėkmingai naudojami žuvininkystėje atitinkamai juos apdorojus. Paprastai, šis vanduo yra perleidžiamas per bokštą, kur divalentė geležis oksiduojasi į trivalentę su oro deguonimi ir nusėda geležies dribsnių pavidalu, kurie nusėda ant bokšto dalių. Pašalinus dribsnius, vanduo tampa tinkamas žuvininkystės tikslams.

Skandinčiosios medžiagos – tai vandenyje esantys kietos medžiagos gabalėliai, kurių matmenys didesni nei 0,45 mkm.. Skandinčiosios medžiagos – tai nuosėdų dalelės, organinės medžiagos, fitoplanktono ir kitų gyvų organizmų ląstelės. Kuo didesnis skandinčiųjų medžiagų kiekis, tuo drumstesnis vanduo. Vandenyje skandinčiųjų medžiagų kiekiui įtaką gali daryti skirtingi veiksniai: bangų ir vėjo sukeltas vandens maišymasis sudrumstiant dugno nuosėdas, grunto išplovimas lyjant lietums, žmonių ūkinė veikla.

Stiprų neigiamą poveikį skandinčiosios medžiagos daro ikrams, pavyzdžiui, lašišinių žuvų ikrams, esantiems ant akmenuoto grunto. Nusėdamos, skandinčiosios medžiagos padengia ikrą molingomis nuosėdomis, taip apsunkindamos deguonies patekimą. Turėdamos išvystytą paviršių, skandinčiosios organinės medžiagos yra grybelių ir bakterijų (kurios prisideda prie ligų auginimo sistemose vystymosi) augimo substratas. Drumsti vandenys stipriau įšyla ir geriau išlaiko šilumą lyginant su skaidriais. Drumsti vandenys blogai praleidžia šviesą, todėl trukdo pirminės vandens telkinio produkcijos (mikrodumbliams, zooplanktonui), kuri gali būti auginamų rūšių pašarų bazė, susidarymui.

Reikšmingą pavojų auginamosioms sistemoms kelia drumsto vandens nuosėdų sėdimas ant tvenkinių dugno, baseinuose, vamzdžiuose ir pan.

Daugeliu atvejų tam tikras vandens drumstumas yra leistinas. Pakankamai stambios žuvis gerai pakelia trumpalaikes (keletą dienų) išsilaikančias skandinčiąsias medžiagas, kai jų koncentracija – 20 000 mg/l ir netgi 100 000 mg/l. Norma galima laikyti tokį drumstumą, kai skandinčiųjų medžiagų keikis yra keletas šimtų mg/l.

Pašalinti skendą tvenkiniuose galima įnešant į vandenį gipso CaSO_4 200 - 900 kg/ha arba išbarstant smulkinto šieno, ant kurio vandenyje nusėda molio dalelės.

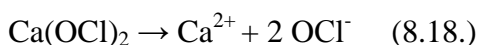
Sulfatai. Sieros rūgšties druskos (sulfatai) yra daugelio gėlo vandens telkinių sudėtyje, o jų kiekis ne didesnis nei 20-30 mg/l. Daugiausiai sulfatų yra druskinguose tvenkiniuose,

esančiuose ant gruntų, kurių sudėtyje yra CaSO_4 , ypač, kai kuriuose pietiniuose Europos rajonuose. Didelės įtakos hidrobiontų gyvybei sulfatai nedaro, bet didesnis jų kiekis vandenyje, esant daug organinės medžiagos ir blogai vandens aeracijai, gali būti sieros vandenilio susidarymo priežastis. Padidėjęs sulfatų kiekis (daugiau nei 20-30 mg/l) rodo, kad vandens telkinys yra nuolat užterštas ir kad reikia imtis priemonių užkirsti kelią taršai.

Likutinis chloras. Žuvininkystėje naudojant geriamąjį vandenį iš miesto vandentiekio sistemos, reikia atsižvelgti į likutinio chloro, kuris naudojamas vandens dezinfekcijai, poveikį auginamiems organizmams. Chloras, dedamas į vandenį miesto vandens valymo stotyse, vandenyje sudaro toksišką hipochlorito rūgštį, kuri yra stiprus oksidatorius



Naudojant chloro kalkes vandens dezinfekcijai, taip pat susidaro hipochlorito rūgštis



Žuvininkystei naudoti vandenį su likutine hipochlorito rūgštimi yra **PAVOJINGA**, nes, patekdama į žuvivaisos sistemą, hipochlorito rūgštis pradeda reaguoti su amoniaku, kuris išsiskiria į vandenį kaip vandens organizmų gyvybinės veiklos produktas. Reakcijoje susidaro ilgojo veikimo nuodai NH_2Cl , NHCl , NCl_3 . Vanduo su likutiniais produktais po apdorojimo chloru gali būti naudojamas žuvininkystei, jį prieš tai apdorojus dar: paliekant nusistoti, barbotuojant suspaustu oru, apdorojant natrio hipochloridu.

Azotas – inertinės dujos, kurio kiekis atmosferos ore yra 78 %. Azotas gerai tirpsta vandenyje, jo koncentracija, esant pusiausvyrai prisotinimui, didesnė, nei deguonies koncentracija.

Azotas žuvininkystėje yra pavojingas dėl reiškinių, vadinamo dujų burbuliukų liga. Ji pasireiškia slegiant vandenį – persotinant azotu. Sumažėjus slėgiui, azotas mažų burbuliukų pavidalu išsiskiria iš vandens ir žuvų kraujo. Kraujagysles užkemša azoto burbuliukai, todėl sukelia žuvų traumas ir žūtį. Ši liga ypač pavojinga žuvų lervoms, negalinčioms aktyviai judėti. Nejudrių lervų žiaunose ir kūne nusėda maži azoto burbuliukai, apsunkindami kūno ir žiaunų vandens apykaitą.

Siekiant, kad žuvis nesusirgtų dujų burbuliukų liga, inkubacijos metu ir auginant lervutes naudojami įrenginiai vandens degazavimui. Degazavimas užtikrina perteklinio azoto pašalinimą iš vandens prieš paduodant jį į lervučių inkubavimo aparatus.

Metanas arba pelkių dujos (CH_4) yra šalutinis anaerobinio irimo produktas. Pats metanas, esant mažoms koncentracijoms žuvis, savaime netoksiškas, bet parodo vykstančius anaerobinio irimo procesus, kurie yra nepriimtini, išskyrus tuos atvejus, kai naudojama denitrifikacija

uždarose žuvivaisios sistemose. Sistemose, kuriose žuvis laikomos tankiai, anaerobinių zonų susidarymas gali įgyti lėtinio pobūdį.

Sieros vandenilis – dujos su būdingu pūvančio baltymo kvapu (H₂S). Vasarą susikaupia ežerų priedugnio sluoksniuose. Labai toksiškas daugeliui vandens organizmų, net esant mažai koncentracijai. Palaikant sistemoje aerobines sąlygas, būtina šalinti jo gaminimą. Vandens aeracijos technika ir jo prisotinimas techniniu deguonimi aprašomas žemiau.

Kiti ribojantys veiksniai. Vanduo, naudojamas žuvininkystės tikslais, gali būti užterštas pramoninėmis atliekomis bei buitinėmis nuotekomis, kurių sudėtyje yra metalo. Pastarieji nedalyvauja žuvų medžiagų apykaitoje, bet kaupiasi jų organizmuose (gyvsidabris, kadmio, arsenas ir pan.). Vanduo taip pat gali būti užterštas didesnėmis, nei leistinos, žemės ūkyje naudojamų toksiškųjų produktų koncentracijomis (pesticidais, hebridais).

Nustatyti šių teršalų koncentraciją laboratorijoje yra gana sudėtinga. Jos nustatomos pagal dujų-skysčių chromatografiją. Tačiau, norint išvengti nepagrįstų išlaidų vietovėje statant žuvininkystės ūkį (kur vanduo yra gali būti užterštas), geriau atlikti tyrimus.

8.11. poskyris. Mikroelementų reikšmė

Makroelementų paskirtis yra paaiškintaa prieš tai pateiktoje medžiagoje, jų sudėtis pateikta 8.1. lentelėje. Elementai, vandenyje esantys Cu, Zn, Fe, Mn, Co mikrodozėmis, organizmui yra nepakeičiami ir, esant jų trūkumui, ne tik sumažėja augimo greitis, bet ir vyksta anomaliniai reiškiniai (8.12. lent.).

8.12. lentelė. Mikroelementų deficito įtaka fiziologiniams procesams žuvų organizme.

Elemento trūkumas	Pasekmės
Geležis (Fe)	Mažakraujystė
Cinkas (Zn)	Odos ir pelekų uždegimas
Varis (Cu) ir manganas (Mn)	Kaulų deformacija, nenormalus uodegos pelekų vystymasis, galvos subjaurojimas
Molibdenas (Mo)	Reguliuoja vario suvartojimą
Magnis (Mg) ir fosforas (P)	Nepakankamas organizmo išsivystymas

Padidėjusi mikroelementų koncentracija sukelia lėtinį žuvų apsinuodijimą. Leistina mikroelementų riba priklauso nuo vandens kietumo.

Cinko toksiškumą lemia jo jonai. Toksiškumą gali lemti ir medžiagų, kurių sudėtyje yra cinko, suspensijos. Saugi viršutinė cinko koncentracijos riba, priklausomai nuo vandens kietumo, yra pateikta 8.13. lentelėje.

8.13. lentelė. Cinko toksiškumas žuvims, išreikštas LRK.

Vandens kietumas mg-ekv/l	Cinko LRK lašišinėms žuvims, mg/l	Cinko LRK menkavertėms žuvims, mg/l
0,2	0,03	0,3
1,0	0,2	0,7
2,0	0,3	1,0
10,0	0,5	2,0

Vario toksiškumas. Pagrindinė toksiška vario forma yra vario jonas. Minkštame vandenyje varis yra jono forma. Kietame vandenyje varis kaupiasi skendinčiose organinės medžiagos dalelėse. Vario toksiškumo priklausomybė nuo vandens kietumo upėtakiams yra pateikta 8.14. lentelėje.

8.14. lentelė. Vario toksiškumas upėtakiams, išreikštas LRK.

Vandens kietumas, mg-ekv/l	Vario LRK upėtakiams, mkg/l
0,2	5,0
1,0	22,0
2,0	40,0
6,0	112,0

Kadmio toksiškumas. Kadmio junginiai yra joninės prigimties. Kadmio hidrato jonas $[Cd(H_2O)_6^{2+}]$ stabilus, sudaro kompleksus su organine medžiaga. Viršutinė kadmio koncentracijos riba, kuri priklauso nuo vandens kietumo, yra pateikta 8.15. lentelėje.

8.15 lentelė. Kadmio koncentracijos riba upėtakiams ir karpiams.

Vandens kietumas, mg-ekv/l	Vario LRK upėtakiams ir karpiams mkg/l
0,2	0,12
1,0	0,18
2,0	0,2
6,0	0,3

Mikroelementų, būtinų žuvų augimui ir normaliam vystymuisi, šaltinis yra tiek pašarai, tiek technologinis vanduo. Pirmuoju atveju, pašarai praturtinami vitaminų ir mineralų premiksu. Antruoju atveju, vandenyje sukuriama būtina mikroelementų koncentracija. Šiuo tikslu, į vandenį dedama elementų su porėta skirtingo pralaidumo plastiko medžiaga. Optimalus mikroelementų koncentracijos intervalas pateiktas 8.16. lentelėje.

Mikroelementų kaupimosi ir pasišalinimo sąlygos uždaroje recirkuliacinėse sistemose skiriasi nuo tiesiasrovių sistemų. Vandens kokybei įtaką daro įdedamų pašarų kiekis ir kokybė, papildomo vandens kokybė, žuvų ir biofilto mikroorganizmų gyvybinės veiklos procesai. Ilgai veikiant uždaroms recirkuliacinėms sistemoms, technologinio vandens sudėtis stipriai pasikeičia: 40 % padidėja kalcio kiekis, 10–15 % magnio ir silicio, 5 kartus kalio, du kartus – boro, 10 – 20 kartų – chromo. Papildomame vandenyje nesantis varis gali viršyti LRK, tačiau beveik išnyksta manganas ir cinkas, nėra kobalto ir nikelio, o molibdeno ir seleno kiekiai stabilizuojasi.

Į uždarą recirkuliacinę sistemą patenkantys mikroelementai persiskirsto. Didžioji dalis mangano yra išnešamas su nuosėdomis ir sunaudojamas biofilto mikroorganizmų, tada jis beveik išnyksta iš vandens. Varis kaupiasi nuosėdose, tačiau daugiausiai lieka ir kaupiasi vandenyje. Geležis koncentruojasi nuosėdose, bet turi tendenciją kauptis vandenyje. Cinkas aktyviai migruoja vandenyje, kaupiasi nuosėdose, žuvyje, jį naudoja mikroflora, susidaro cinko deficitas. Kobalto ir nikelio nėra.

8.16. lentelė. Optimali žuvininkystės mikroelementų koncentracija.

Elementas	Matavimo dydis	Optimalios koncentracijos diapazonas
Magnis	mg/l	15–30
Manganas	mkg/l	2–10
Cinkas	mkg/l	3–30
Varis	mkg/l	5–7

9 SKYRIUS. LABORATORINĖ ĮRANGA, NAUDOJAMA HIDROCHEMINEI ANALIZEI

Pagrindinis tikslas: Ištirti pagrindinių hidrocheminės analizės tipų teorinius pagrindus ir įrangą.

Tikslai:

1. Ištirti potenciometrinius jonų koncentracijos tirpaluose matavimo metodus.
2. Ištirti oksimetrijos pagrindus.
3. Ištirti spektrofotometrijos teorinius pagrindus ir įrangą.

9.1. poskyris. Elektromechaniniai analizės metodai

9.1.1. poskyris. Potenciometrija

Teorija ir potenciometrinio metodo reikšmė ir principas.

Potenciometriniai analizės metodai jau yra žinomi nuo praėjusio amžiaus pabaigos, kai Nernstas išvedė (1889) žinomą lygtį (9.1.), o Brendas pranešė (1883) apie pirmąjį potenciometrinį titravimą. Paskutiniųjų metų intensyvų potenciometrijos vystymąsi iš esmės lėmė įvairių tipų selektyviųjų jonų elektrodų (kurie padeda atlikti tiesioginius daugelio jonų koncentracijos tirpale matavimus) atsiradimas ir prietaisų, skirtų potenciometriniam matavimui, sėkmingas konstravimas bei masinis leidimas.

Potenciometrinės analizės metodai skirstomi į tiesioginę potenciometriją (jonometriją) ir potenciometrinį titravimą. Tiesioginės potenciometrijos metodai remiasi tiesioginiu Nernsto lygties pritaikymu (9.1.), nustatant atitinkamą elektrodo potencialą, aktyvumą arba dalyvių koncentraciją elektrodinėje reakcijoje pagal eksperimentiniu būdu išmatuotą grandinės elektrovarą. Atliekant potenciometrinį titravimą, ekvivalentinis taškas yra nustatomas pagal staigius potencialo pokyčius (svyravimus) šalia ekvivalentinio taško.

Potenciometrijos sritis, kurioje yra naudojami selektyvieji jonų elektrodai, vadinama jonometrija. Ji, kaip ir fotometrija, yra vienas iš labiausiai paplitusių analizės metodų agrochemijoje vien dėl atlikimo paprastumo. Naudojant jonometriją, nustatomi pH, nitratų, nitritų, chloro jonų, geležies rodikliai ir kitų jonų sudėtis.

Jonometrijos analizės metodų pagrindas yra elektrodo potencialo priklausomumas nuo jonų koncentracijos tirpale, kuris yra aprašomas Nernsto lygtyje:

$$E = E_0 \pm \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln a_i \quad (9.1.)$$

kur E_0 – standartinis elektrodo potencialas (t. y. elektrodo potencialas aplinkoje, kur jono aktyvumas $a = 1$); R – universalioji dujų konstanta; F – Faradėjaus skaičius; T – absoliučioji temperatūra; a_i – jonų aktyvumas.

Patogumo sumetimais, naudojant elektrodo potencialo priklausomybę nuo jono (kuris nustato potencialą) aktyvumo, Nernsto lygtį galima modifikuoti:

$$E = E_0 \pm S \cdot \lg a_i \quad (9.2.)$$

kur E – matuojamas potencialas; E_0 – konstanta; S – elektrodinės funkcijos kampo posvyrio tangentas (statmuo); a_i – nustatomojo jono aktyvumas.

Skiečiuose stiprių elektrolitų tirpaluose arba pastoviosios joninės jėgos tirpaluose (gaunama įvedus indiferentinio elektrolito perteklių į standartinius ir tiriamuosius tirpalus), esant pakankamai tiksliam aktyvumo lygiui, koncentracija gali būti pakeista $[C]$:

$$E = E_0 \pm S \cdot \lg [C] \quad (9.3.)$$

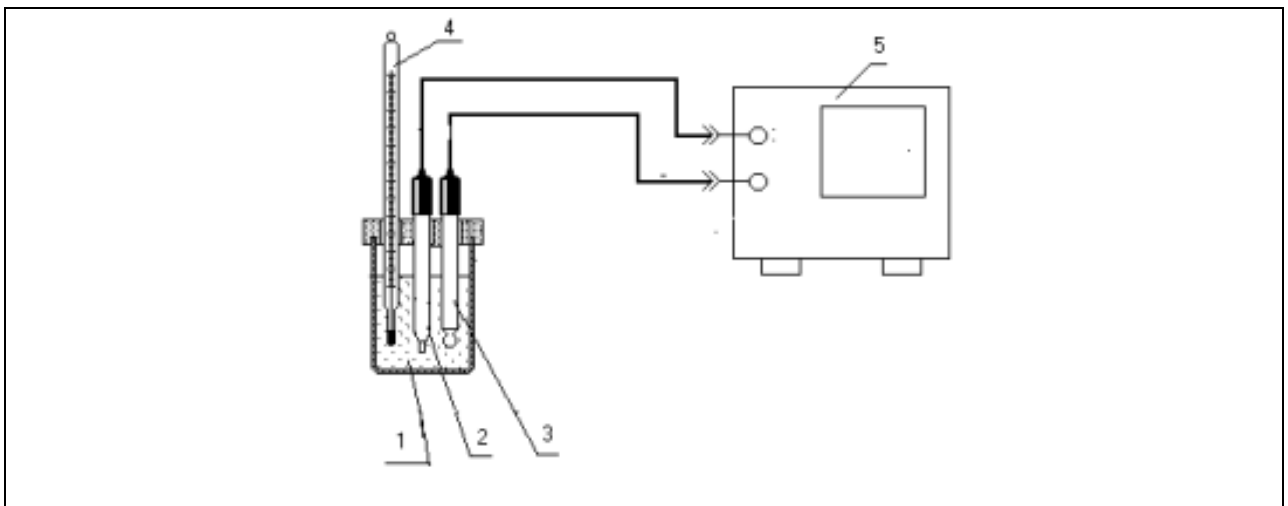
Vienos įkrovos jono (pavyzdžiui, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^-) pasvirosios elektrodinės funkcijos koeficientas bus lygus 59,16 mV aktyvumui arba logaritminiu mastu nustatomojo jono koncentracijos matavimo vienetui. Praktikoje pastebima, kad kai kurių struktūrų buvo nesilaikoma ir tai pasireiškė per trukdymą jonams (kiekvienam elektrodų tipui savaip), taip pat ir realaus elektrodinės funkcijos statmens (S) nuokrypis nuo teorinės reikšmės. Todėl tikrinant elektrodo tinkamumą, visada yra atliekams S dydžio matavimas tirpaluose su žinoma koncentracija (kalibruoti tirpalai), po to gautasis rezultatas sulyginamas su nurodytuju pase.

Selektyvieji jonų elektrodai

Elektrodas, kurio potencialas priklausomas nuo atitinkamų jonų aktyvumo, vadinasi indikatoriniu. Jo potencialas yra visada nustatomas atsižvelgiant į lyginamąjį elektrodą. Abu elektrodai sudaro galvaninę porą su tam tikra nuo tirpalo koncentracijos ir elektrodų tipo priklausančia elektrovara, kurią paprasta išmatuoti (pav. 9.1.). Tokiu būdu išmatavimai visada atliekami su dviejų elektrodų pagalba: matavimo (pav. 9.2.) ir lyginamojo elektrodo (elektrodų pora). Jutiklis, vienijantis viename korpuse matavimo ir lyginamąjį elektrodą, vadinamas

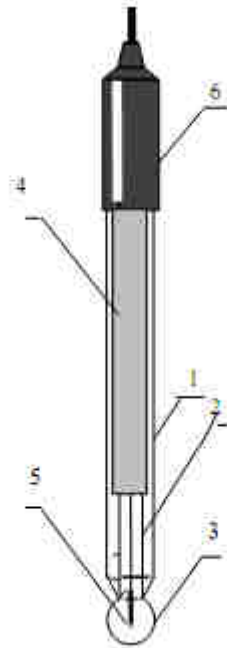
kombinuotuoju elektrodu (pav. 9.3). Kombinuotojo elektrodo pagrindą sudaro stiklinis korpusas (2), kurio apatinėje dalyje yra patalpinta sferinė darbinė membrana (5). Viršutinėje stiklinio korpuso dalyje yra įtaisytas plastmasinis dangtelis (7) su jungiamuoju kabeliu (6). Stiklinio korpuso (2) viduje yra įdiegtas lyginamasis elektrodas su dvejais elektrolitiniais raktais. Šis elektrodas susideda iš plastmasinio vamzdelio (3), užpildyto 3 M KCl tirpalu. Vamzdelyje yra sidabro chlorido puselementis, o jo apatinėje dalyje yra įdiegtas aktytasis keraminis vidinis elektrolitinis raktas (4). Korpuso ertmė (2) yra užpildyta 3 M elektrolitu KCl, o jo apatinėje dalyje yra antrasis aktytasis keraminis (išorinis) elektrolitinis raktas (9). Tokiu būdu įmontuotas lyginamasis elektrodas susideda iš dviejų ertmių – vidinės ir išorinės, kurios yra užpildytos elektrolitu ir perskirtos aktytąja keramine pertvara. Su analizuojamuoju tirpalu kontaktas vyksta per antrą aktytąją pertvarą (9). Vidinė lyginamojo elektrodo dalis užpildoma jį gaminant, išorinė dalis (druskos tiltelis) leidžia papildomą užpildymą arba kitų lygiaverčiai nešiojamų elektrolitų naudojimą vietoj kalio chlorido (KNO_3 , NH_4Cl , NH_4NO_3). Dėl to kombinuotojo elektrodo korpuse yra anga (8) uždaryta apsauginiu žiedu (1) arba specialiu kamščiu. Paprastai, kombinuotojo elektrodo lyginamasis elektrodas yra užpildomas ne prisotintuoju kalio chlorido tirpalu, o jo 3 M tirpalu, nes jame susidaro kietos kalio chlorido nuosėdos. Egzistuoja skirtingi kombinuotųjų elektrodų įrenginiai. Tarp jų reikėtų paminėti kombinuotąjį elektrodą su vienu elektrolitiniu raktu, kuriame vidinis (įmontuotas) sidabro chlorido lyginamasis elektrodas yra patalpintas tiesiogiai į vamzdelio ertmę (2). Vamzdelio ertmė turi nuolat būti užpildoma kalio chlorido tirpalu (pav. 9.3B).

Dėl savo patogumo kombinuotieji elektrodai palapsniui išstumia atskirusius ir lyginamuosius elektrodus ir jie yra nenaudojami tik tais vienetinais atvejais, kada elektrodų porą pakeisti kombinuotuoju elektrodu yra neįmanoma. Kombinuotasis elektrodas yra laikomas taip pat kaip ir stiklinis – kamštelyje su prisotintuoju kalio chlorido KCl tirpalu, saugant elektrodą nuo džiūvimo ir gedimo.



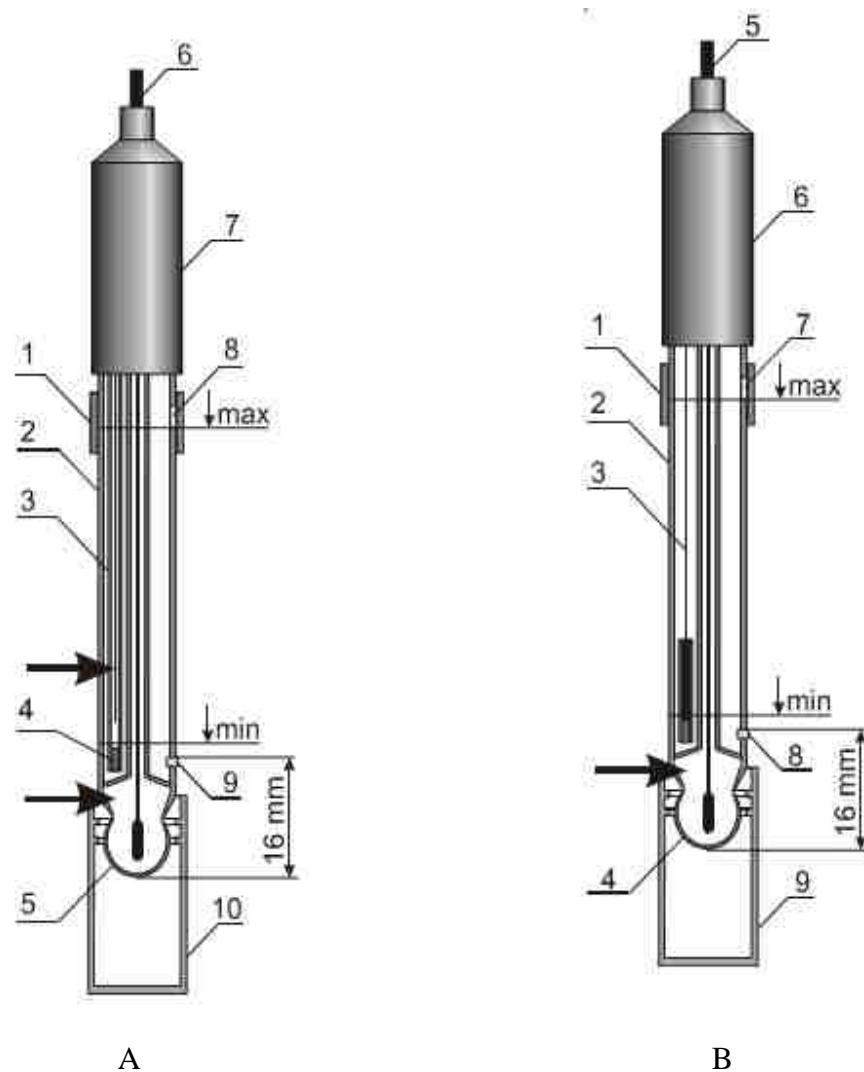
1 – analizuojamasis tirpalas; 2 – lyginamasis elektrodas, kurio potencialas nesikeičia, kai keičiasi pH ir aplinkos sudėtis; 3 – matavimo elektrodas; 4 – termometras (gali būti pakeistas temperatūros jutikliu, prijungiamu prie pH, arba jonų matuokliu dėl automatinės temperatūros kompensacijos); 5 – aukštos varžos milivoltmetras (pH metras jonų matuoklis).

9.1. pav. Potenciometrijos principas.



1, 2 – koaksialūs stikliniai vamzdeliai; 3 – selektyviųjų jonų stiklas; 4 – elektrostatinis ekranas; 5 – sidabro chlorido elektrodas; 6 – plastmasinė įvorė.

9.2. pav. Stiklinio elektrodo su skystuoju pH matavimo užpildu (buferinis tirpalas + KCl) įrengimo schema.

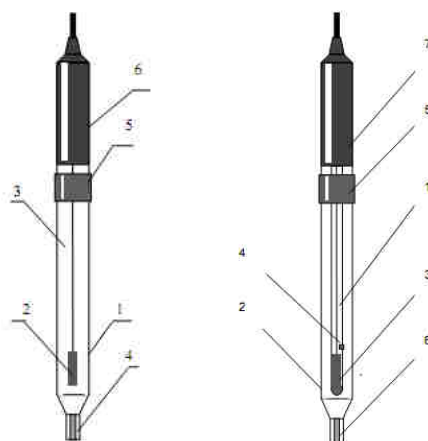


9.3. Pav. Kombinuotųjų pH matavimo elektrodų įrengimo schema. Paaiškinimai tekste.

Lyginamieji elektrodai. Sidabro chlorido elektrodas dažniausiai naudojamas kaip lyginamasis elektrodas (pav. 9.4. A). Elektrodo pagrindas yra sidabrinė viela (elektrolitiniu būdu padengta sidabro chlorido sluoksniu – antrojo tipo elektrodas (2), panardinta į prisotintąjį kalio chlorido tirpalą (3), įpiltą į stiklinį vamzdelį (1). Fluidinis sujungimas su analizuojamuoju tirpalu yra atliekamas per elektrolitinį raktą (4), dažniausiai padarytą akytosios keraminės plokštės (šerdies) arba asbesto dagties pavidalu. Lyginamasis elektrodas yra užpildomas elektrolitu pro angą (paveikslėlyje virš apsauginio žiedo 5), puselemenčio elektrodo kolektorius susijungia su kabeliu įvorėje (6). KCl tirpalas sujungtas druskos tilteliu su analizuojamuoju tirpalu (7). Asbesto siūlas (4) daro įtaką tirpalų difuzijos apsunkinimui.

Kartais vietoj sidabro chlorido, kaip lyginamasis elektrodas, naudojamas kalomelio elektrodas.

Kalio ir chloro jonų matuojamojo aktyvumo (pastovi kalio chlorido difuzija iš lyginamojo elektrodo į analizuojamąjį tirpalą) rezultatas – atsiranda paklaida, ypač mažose koncentracijose. Todėl šiais atvejais paprastai naudoja lyginamąjį elektrodą su dvejais elektrolitiniais raktais (pav. 4). Tokio elektrodo korpusą sudaro du vamzdeliai, vidinis (1) ir išorinis (2). Vidiniame vamzdelyje yra elektrodas – puselementis (3). Vidinis elektrolitinis raktas (4) parūpina fluidinį elektrodo-puselemenčio jungimą su elektrolitu, kuris yra išoriniame vamzdelyje (2). Elektrolitą išoriniame vamzdelyje užpildo ir pripildo pro angą, uždarytą kamščiu arba nuimamuoju žiedu (5); kolektorius nuo elektrodo puselemenčio susijungia su kabeliu įvorės viduje (7). Elektrolitas išoriniame vamzdelyje kontaktuoja su analizuojamuoju tirpalu per išorinį elektrolitinį raktą: asbesto siūlas arba akytoji keraminė šerdis (6). Elektrolitas išoriniame vamzdelyje kartais yra vadinamas druskos tiltelio elektrolitu. Elektrodo su dvejais raktais privalumas yra elektrodo-puselemenčio izoliacija nuo išorinio poveikio – taip jis yra stabilesnis nei įprastuose lyginamuosiuose elektroduose. Taip pat fluidinis jungimas su analizuojamąja aplinka gali vykti ne tik per kalio chlorido tirpalą, bet ir per kitus elektrolitus, įpiltus į išorinį elektrodo korpusą. Pavyzdžiui, chloro jonų aktyvumui matuoti tai yra KNO_3 tirpalas, o kalio jonų aktyvumui matuoti – NH_4Cl .



A

B

9.4. Pav. Lyginamųjų elektrodų su vienu (A) ir dvejais (B) elektrolitiniais raktais įrengimo schema. Paaiškinimai tekste.

Elektrolito lygio sumažėjimas elektrodo (su vienu ir su dvejais elektrolitiniais raktais) korpusu daugiau nei iki jo pusės yra neleistas.

Indikatoriniai elektrodai. Indikatoriniai elektrodai potenciometriniais matavimams atlikti būna dviejų pagrindinių tipų – metaliniai ir membraniniai (selektyvieji jonų).

Metaliniam elektrodams būdingas elektroninis laidumas, o membraniniams – joninis. Metaliniai elektrodai yra naudojami oksidaciniam-redukciniam tirpalo potencialui nustatyti (neaktyvūs indikatoriniai elektrodai iš tauriųjų metalų), taip pat ir atskirų jonų koncentracijai išmatuoti (aktyvieji elektrodai).

Šiuolaikinius selektyviusius jonų elektrodus galima skirstyti pagal jautriosios membranos medžiagą: stikliniai, su kristaline ir PVC membrana.

Stikliniams selektyviesiems jonų elektrodams yra būdingos geriausios eksploatacinės savybės. Vienas dažniausiai naudojamų šio tipo elektrodų yra klasikinis stiklinis elektrodas, skirtas matuoti pH. Taip pat dažnai yra naudojami Na – selektyvieji. Stiklinis Li – selektyvusis elektrodas yra naudojamas ribotai, nes jis yra vienodai jautrus Na jonams.

Kristalinės membranos elektrodai yra gaminami plastikiniuose korpusuose. Šie elektrodai naudojami tirpaluose, turinčiuose stiprių oksidantų ir organinių tirpiklių, kurie naikina ir tirpdo korpuso medžiagą. Jeigu šio tipo elektrodai (visi, išskyrus fluoridinius) prarado jautrumą, jis gali būti sugrąžintas valant darbatalį smulkiu šlifavimo popieriumi. Šiam tipui yra priskiriami elektrodai, skirti F^- , Cl^- , Br^- , I^- , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} jonų nustatymui. Darbo su F^- , Cl^- ir Br^- selektyviaisiais jonais metu, sudarant mažiau tirpstančias druskas (pirmiausia Hg^{2+} ir S^{2-} jonai), pašalinis poveikis yra būdingas visiems jonams, kurie gali sąveikauti su membranos medžiaga. Šių elektrodų selektyvumas auga Cl^- - Br^- - I^- eilėje. Tokiu būdu chlorido-selektyviajam elektrodai jonai Br^- ir I^- trukdo, o jodui nustatyti, naudojant atitinkamą elektrodą Cl^- ir Br^- , jonai netrukdo. Žemos koncentracijos halogenidų analizės metu padarytų paklaidų ir klaidų šaltinis gali būti elektrolitas, ištekantis iš lyginamojo elektrodo (paprastai, tai yra prisotintasis KCl tirpalas). Daugiausia šis poveikis pasireiškia chloridų analizės metu, bet jis taip pat gali būti aptiktas analizuojant Br^- ir I^- , nes KCl druska, iš kurios yra gaminamas elektrolitas lyginamajam elektrodai užpildyti, gali savo sudėtyje turėti pastebimą kitų halogenidų kiekį. Todėl, nustatant chloridus **būtina**, o nustatant bromidus ar jodidus **pageidautina** naudoti lyginamąjį elektrodą su dvejais elektrolitiniais raktais, užpildytą KNO_3 tirpalu, pavyzdžiui, lyginamąjį elektrodą – 10101.

Elektrodai su polivinilchlorido (PVC) membrana, pagaminti naudojant specialias medžiagas – nešiotojus. Su membrana reikia elgtis atsargiai, jos negalima trinti arba mechaniškai valyti. Korpuso medžiaga – taip pat PVC. Dirbant su šiais elektrodais negalima naudoti medžiagų, kurios naikina ar tirpdo PVC. Šiam tipui priklauso K – , NO_3^- , NO_2^- , Ca – ir NH_4^+ – selektyvieji elektrodai. Nustačius K^+ , reikia naudoti lyginamąjį elektrodą su dvejais elektrolitiniais raktais, užpildytą NH_4NO_3 tirpalu arba NH_4Cl vietoj KCl.

Kiekvieno elektrodo saugojimo tvarka ir darbo su juo ypatumai aprašyti atitinkamose instrukcijose ir techniniuose pasuose.

mineralizacijos laipsnį, apskaičiuojant pagal natrio chloridą (ar bet kokią kitą druską). O prijungus prietaisą prie kompiuterio, yra galimybė paraleliai vykdyti statistinį gautų duomenų apdorojimą. Kitas, palyginti nebrangus, *Akvilon* gamybos vieno kanalo jonometras – pH410 taip pat yra suderinamas su daugumos gamintojų elektrodais bei sukombinuotais per BNC jungtį.



9.5. Pav. Jonometrai ANION 4110 ir pH410.

9.1.2. poskyris. Oksimetrija

Oksimetras (ištirpusio deguonies matuoklis) – prietaisas yra specialiai sukurtas matuoti ištirpusio vandenyje ar kitokiame skystyje deguonies koncentraciją. Jis yra tiesiog būtinas, atliekant vandens prisotinimo lygio operatyvinę kontrolę žuvies veisimo sistemose, ypač uždaroje. Iki oksimetro atsiradimo Vinklerio metodas (jo esmė ir technologija aprašyti technologinėje kortelėje), skirtas nustatyti deguonies sudėtį skystyje, buvo paprastesnis ir plačiau paplitęs. Tačiau Vinklerio metodo taikymas (deguonies sudėties vandenyje kontrolė, siekiant atlikti operatyvius veiksmus išėjus už nustatytos optimalios reikšmės (visų pirma, uždaru sistemų) ribų) nėra labai tinkamas dėl analizės trukmės, didelio reaktyvų kiekio ir paklaidų, atsiradusių dėl įvairių priemaišų, esančių vandenyje. Būtent dėl sėkmingos žuvų veisimo sistemų eksploatacijos, oksimetras yra tiesiog būtinas prietaisas. Jo veikimo principas yra paremtas pagal įtaisyto jutiklio ištirpusio deguonies koncentracijos lygį. Cheminis procesas, vadinamas difuzija, nukreipia deguonį į jutiklio, ant kurio yra sudėti elektrodai, gaminantys elektros srovę, vidų. Srovės pagrindu, dujų koncentracija virsta skaitmeniniais duomenimis, kurie galiausiai pasirodo ekrane.

Oksimetrai būna stacionarieji (maitinimas atliekamas per elektros tinklą) ir nešiojamieji (maitinimui naudojamos baterijos ir akumuliatoriai). Akivaizdu, kad žuvų veisimo pramonėje pirmenybė yra teikiama nešiojamiesiems prietaisams, kurių pavyzdžiai yra pateikti paveikslėliuose. Eksploatuojant kiekvieną iš šių prietaisų, reikėtų griežtai laikytis pateiktos instrukcijos. Renkantis prietaisą, reikėtų atkreipti dėmesį į kainą ir keičiamų elementų, tokių kaip membranos ir jas užpildantys skysčiai (pavyzdžiui, oksimetras *Hanna*), pasiekiamumą.



MARK 303T

DAPD-2B (deguonies analizatorius, pramoninis, daugiafunkcinis)



ANKAT 7655-05



HI 9146-04

9.6. Pav. Nešiojamųjų oksimetrų (deguonies matuoklių) pavyzdžiai.

9.1.3. poskyris. Fotometrija ir spektrofotometrija

Spektrometriniai analizės metodai remiasi medžiagos ir elektromagnetinio spinduliavimo tarpusavio sąveika. Pagal naudojamų bangų ilgių reikšmę, yra priimta skirti šias skirtingas optinės spektroskopijos metodų rūšis:

- ultravioletinė (180–400 nm);
- matomos srities spektroskopija (400–700 nm);
- artimosios infraraudonosios srities spektroskopija (740–2500 nm arba 4000–10000 cm^{-6});

- pagrindinės srities infraraudonoji spektroskopija (2500–20000 nm arba 200–4000 cm^{-6}).

Tarpusavio sąveiką tarp medžiagos ir elektromagnetinių spindulių lydi įvairios pasekmės, kurių viena iš svarbesnių šiuolaikiniam analitiniam pritaikymui yra emisija, absorbcija, atspindys, sklaida, refrakcija, poliarizacijos plokštumoje sukimas. Optinius analizės metodus galima padalinti į grupes, priklausomai nuo vieno ar kito reiškinio panaudojimo:

1. metodai, pagrįsti medžiagos elektromagnetinės emisijos emisija (spektrofometrija, fotometrija, atominės absorbcijos metodas);

2. emisijos metodai, kurie yra pagrįsti medžiagos gebėjimu skleisti elektromagnetines bangas, veikiamas papildomos energijos (sužadinimo šaltinis). Priklausomai nuo atomų sužadinimo formos, emisijos metodai yra dalijami į liepsnos fotometriją, spektrinę emisijos analizę, *atominę fluorescencinę, liuminescencinę, atomų emisiją su indukciškai surišta argono plazma ir kt.*;

3. refraktometro analizės metodas pagrįstas rodiklio pasikeitimu (perėjimu) iš vienos permatomos aplinkos į kitą šviesos refrakcijos metu. Poliarimetrinis metodas, – kur yra naudojama optiškai aktyvių medžiagų savybė sukurti poliarizuoto šviesos spindulio plokštumą poliarizacijoje.

Spektroskopija matomoje ir ultravioletinėje srityje vadinama spektrofometrija.

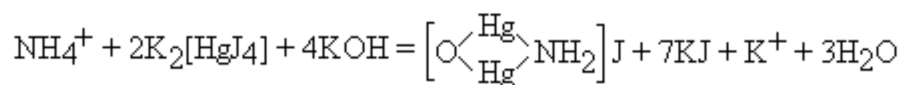
Fotometrija – analizės metodas, leidžiantis nustatyti komponento kiekį mėginyje pagal emisijos ploto energetinių savybių matavimą.

Foto ir spektrofometrijos teoriniai pagrindai

Fotometrija ir spektrofometrija iš esmės yra grindžiama medžiagos monochrominės emisijos absorbcijos matavimu (įskaitant atvejus, kada yra naudojami įrenginiai, turintys supaprastintą monochromatizacijos būdą su šviesos filtrų pagalba). Sudėtinga šviesos absorbcijos priklausomybės nuo bangos ilgio kreivė vadinasi medžiagos absorbcijos spektru.

Fotometrijos praktikoje yra naudojamos įvairios cheminės reakcijos, privedančios prie junginių sudarymo, kurie, palyginus, turi didesnių absorbcijos savybių. Dažniausiai yra naudojamos kompleksinio sudarymo reakcijos.

Pavyzdžiui, nespalvotas amonio jonų tirpalas NH_4^+ dažo kalio tetrajodomerkurato šarminiu tirpalu (Neslerio reaktyvas), tai nulemia geltonai rudo merkuramonio jodido atsiradimą.



*merkuramonio jodidas
geltonai rudas*

Tirpalo spalvos intensyvumas tiesiogiai priklauso nuo spalvotos medžiagos koncentracijos ir tirpalo sluoksnio storio. Kiekinė medžiagos elektromagnetinės emisijos absorbcija, reguliarumas paklūsta Buterio-Lamberto dėsniai:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kl} \quad (9.4)$$

kur I_0 – krentančio emisijos srauto intensyvumas; I – emisijos srauto, perėjusio medžiagą, intensyvumas; k – absorbcijos koeficientas (atitinka priešingą absorbuojančio sluoksnio storį, būtiną krentančios emisijos intensyvumo 10 kartų mažinimui; l – absorbuojančio sluoksnio storis.

Santykio I_0/I santykis vadinamas optiniu tankiu (D) ir absorbcija (A):

$$D = \lg \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad (9.5)$$

Santykis I/I_0 vadinasi laidumo koeficientu, arba laidumu, (T) ir paprastai išreiškiamas %:

$$T = 100 \cdot I / I_0 \quad (9.6)$$

Absorbcijos koeficientas (4) formulėje yra santykiu susijęs su absorbuojančio C komponento koncentracija (Bero dėsnis):

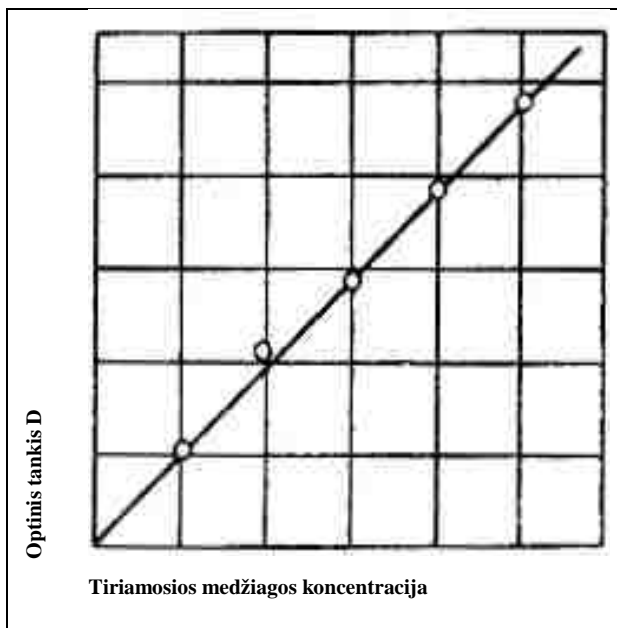
$$k = \varepsilon \cdot C \quad (9.7),$$

kur C – molinė komponento koncentracija, ε – *molinis absorbcijos koeficientas* (kiekybiškai lygus 1 molis/g koncentracijos tirpalo optiniam tankiui su 1 cm absorbuojančiojo sluoksnio tankiu). Apjungtas Bugero-Lamberto-Bero dėsnis yra išreiškiamas lygtimi:

$$D = \varepsilon Cl = A \quad (9.8)$$

Šią lygtį dar vadina tirpalo gesinimu arba ekstinkcija.

Optinis tankis tiesiogiai proporcingas medžiagos koncentracijai tirpale ir absorbuojančio sluoksnio storiui. Grafiškai ši priklausomybė yra išreiškiamą tiesia linija, vadinama gradavimo grafiku.



9.7. Pav. Gradavimo grafikas medžiagos koncentracijos nustatymui

Molinis šviesos absorbcijos koeficientas ϵ apibūdina fotometrines reakcijos jautrumą ir yra šio nuspalvinto tirpalo pastovi reikšmė. Jis yra jo svarbiausia savybė, leidžianti nustatyti metodo jautrumą. Tokiu būdu jeigu tas pats jonas sudaro nuspalvintus junginius su skirtingais reagentais, naudojamais kolorimetrijoje, tai didžiausią jautrumą turės tas kolorimetrijos metodas, kuriame bus naudojamas nuspalvintas reakcijos produktas su didžiausiu moliniu šviesos absorbcijos koeficientu.

Molinio šviesos absorbcijos koeficiento ϵ skirtingų nuspalvintų junginių maksimumo srities reikšmės stipriai skiriasi. Tokiu būdu kai kurių hidratuotų nikelio, vario ir kitų jonų matomoje spektro dalyje absorbcijos juostoms yra būdingos žemo lygio molinio šviesos absorbcijos koeficiento ϵ reikšmė (seka 10). Nuspalvintos aminorūgštys turi molinio šviesos absorbcijos koeficiento ϵ reikšmę, lygią 102-103. Kai kurie kompleksai su organiniais reaktyvais (ditizonu, alizarinu ir kitais) turi labai aukšto lygio molinio šviesos absorbcijos koeficiento ϵ reikšmę, lygią 104-105.

Molinį šviesos absorbcijos koeficientą ϵ galima paskaičiuoti empiriškai. Tam būtina paruošti 30 standartinių tirpalų rinkinį su žinoma medžiagos koncentracija, atlikti jų fotometriją nuo turinčio žemiausią iki turinčio aukščiausią koncentraciją, tai yra išmatuoti optinį tirpalų, patalpintų į 1 cm ilgio kiuvetę, tankį D ir sudaryti gradavimo optinio tankio (horizontalioji ašis) priklausomumo nuo medžiagos koncentracijos standartiniuose tirpaluose C (vertikalią ašis) grafiką: $D = f(C)$. Pavyzdžiui toks, kaip parodyta paveikslėlyje 9.7., optinio tankio priklausomumas nuo koncentracijos – tiesi linija, einanti per koordinatų pradžią, o molinis

šviesos absorbcijos koeficientas ε nustatomas pagal tiesiosios pasvyrimą $tg \alpha$. Tiesiosios pasvyrimo iki horizontaliosios ašies kampo tangentas ($tg \alpha$) – tai ir yra molinio šviesos absorbcijos koeficiento ε reikšmė. Žinant molinį šviesos absorbcijos koeficientą ε galima, nustatius optinį tirpalo tankį (D_x) su nežinoma koncentracija (C_x) ir nesudarius gradavimo grafiko, apskaičiuoti ją kitoje lygtyje:

$$C_x = \frac{D_x}{\varepsilon \cdot l}$$

Standartiniu (pavyzdiniu) tirpalu vadinamas tikslios koncentracijos tirpalas, naudojamas lyginti jį su analizuojamuoju tirpalu arba sudaryti kalibravimo grafiką, pagal kurį vėliau surandamą nustatomojo komponento sudėtis fotometriniame mėginyje. Bugero-Lamberto-Bero dėsnio naudojimo sritis yra apribota ir pateikia gerus rezultatus tik pakankamai praskiestuose monochrominės emisijos tirpaluose. Bugero-Lamberto-Bero dėsnio plačiai naudoti negalima dėl šių priešasčių:

- temperatūros kaitos įtakos;
- efektų įtakos dėl tirpalų skiedimo;
- svetimų elektrolitų tirpale ir jų įtakos;
- pH kaitos, stipriai veikiančios disociaciją, kompleksų sudarymą, hidrolizę ir kitus procesus tirpaluose.



A

B

9.8. Pav. Nuspalvintųjų standartinių tirpalų rinkiniai fotometriniams NH_4^+ (A) ir NO_2^- (B) jonų nustatymui.

Fotometrijos metodai

Kolorimetrija, fotoelektrometrija ir spektrometrija yra pagrindiniai fotometrijos metodai. Kolorimetrija, fotoelektrometrija ir spektrometrija iš esmės remiasi fotometrijos dėsniu – Bugero-Lamberto-Bero šviesos absorbcijos dėsniu, tačiau jei kolorimetrija ir fotoelektrometrija paremtos šviesos absorbcijos pažymėtos tirpalų matavimu matomoje spektro dalyje (bangos ilgis nuo 400 iki 750 nm), tai spektrofotometrija naudoja ne tik matomą spektro dalį, bet ir

prisišliejančią ultravioletinę (200–400 nm) ir infraraudonąją (750–2500 nm) spektro dalį, t. y. naudojamų bangų spektrofotometrijoje diapazonas daug platesnis už bangų diapazoną, kurį naudoja korolimetrija ir fotoelektrokolorimetrija.

Vizualinė kolorimetrija

Analizės metodai, leidžiantys kiekybiškai nustatyti mėginio komponento sudėtį, remiantis šviesos absorbcijos spalvotaisiais tirpalais matomoje spektro dalyje, vadinami kolorimetrija. Vienas iš pirmųjų vizualinių kolorimetrijos plačiau naudojamų metodų yra standartinių serijų paruošimas. Metodo esmę sudaro standartinių spalvotųjų tirpalų serijos paruošimas (žiūr. pav. 9.8.) su augančia žinoma nustatomojo komponento koncentracija ir spalvotųjų tirpalų iš standartinės serijos sulyginimas su vizualiniu užduoties spalvos intensyvumu. Ieškomojo komponento sudėtis užduotyje nustatoma panašiai kaip ir standartiniame tirpiklyje, analizuojamas artimiausias tirpalas pagal spalvą. Tokių nustatymų rezultatai labai priklausė nuo vizualinių analitiko sugebėjimų. Maža to, atliekant šį metodą, dėl kai kurių dažomųjų tirpiklių nepastovumo dažnai atsirasdavo būtinybė atnaujinti standartinių tirpalų skalę. Vėliau išvardytieji vizualinės kolorimetrijos trūkumai buvo pašalinti dėl prietaisų – fotoelektrokolorimetrų sukūrimo ir panaudojimo.

Fotoelektrokolorimetrija

Ne taip kaip vizualinėje kolorimetrijoje, kur analizės rezultatai buvo neypatingi ir iš esmės buvo subjektyvūs, fotoelektrometrijoje spalvotojo tirpalo spalvos intensyvumas buvo matuojamas fotoelektrokolorimetru, o fotometrijos nustatymo rezultatai buvo daug tikslesni.

Fotoelektrokolorimetrija – fotometrinis analizės metodas, kiekybiškai nustatantis komponento sudėtį mėginyje, remiantis nudažytųjų tirpalų optinio tankio matavimu specialiaisiais prietaisais – fotoelektrometrais.

Fotoelektrokolorimetras nustato spalvotojo tirpalo nudažymo intensyvumą naudojant prietaisą – fotoelementą, kurio šviesos energija paverčiama į elektrinę. Šviesos energijos fotoelemente pavertimas į elektrinę susijęs su fotoefekto reiškiniu – elektronų nutraukimu nuo įvairių medžiagų atomų, veikiant šviesos energijai. Fotoefekto rezultatas: atsiranda fotoelektrinė srovė, kurios dydis tiesiogiai proporcingas krentančiam spindulių srautui. Remiantis šiuo rezultatu, srauto intensyvumo santykis matematinėje Bugero-Lamberto-Bero dėsnio reikšmėje gali būti pakeistas fotosrovių santykiais.

Fotometrijos aparatūra

Šviesos srovė, nukreipta į fotoelementą, jame sukelia elektros srovę. Fotoelementas – rodyklės nuokrypis, kuris yra proporcingas fotoelemento apšvietimui ir yra registruojamas kaip pajungtas grandinėje jautrus galvanometras (ampermetras). Pramoninėje prekyboje buvo leidžiami skirtingų modelių fotoelektrokolorimetrai. Itin rekomenduojami **KFK** serijos ir **FEK**

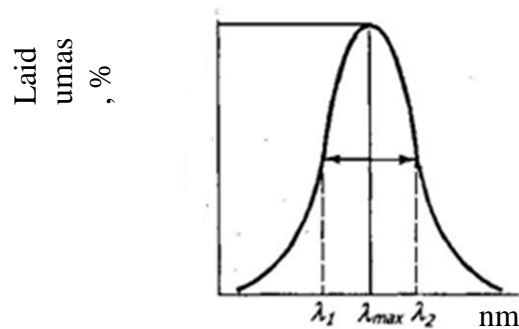
(FEK, FEKN, FEK-M, FEK-52, FEK-56, FEK-56M, FEK-60 serijos fotoelektrokolorimetrai.

Šviesos absorbcijos matavimo prietaisas turi atlikti dvi pagrindines užduotis: 1) polichromatinės šviesos skaidymas ir reikalingo bangų ilgio intervalo išskyrimas, 2) medžiagos šviesos absorbcijos išmatavimas.

Kiekvieną absorbcijos prietaisą sudaro: spinduliuotės šaltinis, reikalingo bangų ilgio intervalo išskyrimo prietaisas, kiuvetės skyrius, detektorius, signalo indikatorius.

Šviesos šaltinis. Šaltinio vaidmenį dažniausiai atlieka kaitinamosios lempos, kurios skleidžia nuolatinį spinduliavimą. Volframinės lempos – artimiausios UV ir matomos artimiausios IR sritys, UV sritys – vandenilio, deiterinės ir ksenoninės lempos. Spektrofotometrą kalibruoti naudojamos gyvsidabrio lempos.

Šviesos filtrai ir monochromatoriai išskiria iš spinduliuotės srauto gana siaurą spektro intervalą. Kiekvienam šviesos filtrui būdingas dydis λ (laidumo maksimumas T_{\max}) ir puspločio laidumas λ_2 ir λ_1 , kai $1/2 T_{\max}$ (pav. 6.). Kuo mažesnis absoliutus puspločio laidumo dydis, tuo siauresnę spektro dalį galima išskirti naudojant šviesos filtrą. Šviesos filtro spalva paprastai sutampa su išskiriamąjo spektro dalimi.



9.9. Pav. Spektrinė šviesos filtro charakteristika: λ_1 ir λ_2 – bangų ilgis, atitinkantis pusę šviesinio srovės filtro absorbcijos. λ_{\max} – bangos ilgis, atitinkantis maksimalų filtro laidumą.

Dirbant šviesos filtrus renkama tokiu būdu, kad būtų galima išskirti spektro sritį, kuri labiau absorbuoja analizuojamą medžiagą. Tam yra ruošiami du tiriamosios medžiagos tirpalai nepamirštant, kad jų koncentracija turi šiek tiek skirtis. Abu tirpalai fotometruojami su skirtingais šviesos filtrais. Tas šviesos filtras, kurio skirtumas optinio tankio parodymuose didžiausias, bus parenkamas tolimesniam darbui.

Šviesos filtrai neaprūpina aukštos monochromatizacijos spinduliavimo, o tai, matuojant didelės analizuojamosios medžiagos koncentracijos tirpalus, sukelia nukrypimus nuo linijinės priklausomybės tarp dydžių D ir C (Bugero-Lamberto-Bero dėsnis).

Daugeliu atvejų monochromatinio prietaiso naudojimas suteikia galimybę nustatyti kiekybinę tų pačių tirpalų reikšmę.

Monochromatoriai, naudojant prizmę ar difrakcines grotelės, leidžia nuolatinį spinduliavimą išskaidyti į monochromatinės sudedamąsias. Išskiriamą spektro intervalo plotis priklauso nuo prietaiso konstrukcijos.

Kiuvetės. Spektrometrijoje matuojama ne absoliuti optinio tankio reikšmė, bet tiriamojo tirpalo ir lyginamojo tirpalo optinių tankių skirtumas. Kiuvetės su tiriamuoju tirpalu vadinamos dirbamuoju, o lyginamasis tirpalas – palyginamo kiuveto. Kiuvetės būna įvairių formų ir įvairaus absorbcijos sluoksnių pločio (pavyzdžiui, nuo 2 iki 100 mm). Tikslus absorbuojančio sluoksnio plotis yra pažymėtas dirbamos kiuvetės krašte. Kiuvetę į prietaisą įtaiso tokiu būdu, kad jos dirbamasis kraštas būtų statmenas spinduliuotės srauto kryptims.

Darbui kiuvetę parenkama atitinkamu būdu: į vieną iš rinkinio kiuvetę įpila vidutinės koncentracijos tirpalą (iš paruoštų analizuojamųjų tirpalų serijos) ir su iš anksto parinktu šviesos filtru matuoja jo optinį tankį. Kiuvetę palieka darbui, jei išmatuoto optinio tankio rezultatas patenka į ribas tarp 0,3 ir 0,5.

Tirpalų fotometravimui matomoje spektro srityje naudojamos kiuvetės iš šlifuoto optinio stiklo, dirbant su ultravioletine sritimi – iš šlifuoto kvarco.

Detektoriai.

Tam, kad būtų aptika spinduliuotė, naudojami prietaisai, kurie yra paremti fotoefekto reiškiniu – fotoelementų. Tam, kad būtų pagautas signalas matomoje ir UV srityse, paprastai, yra naudojami stibio-cezio (180–650 nm) ir deguonies-cezio (600–1100 nm) fotoelementai, taip pat ir fotodaugikliai. Jeigu krentančiojo srauto intensyvumas nėra didelis, fiksuoti atskirų fotonų impulsus galima naudojant specialius prietaisus – fotonų skaitiklius.

Kaip signalo indikatoriai yra naudojami galvanometrai ir miliampermetrai.

Principialiosios fotoelektrokolorimetrų ir spektrofotometrų schemas.

Priklausomai nuo matavimo būdo, prietaisai skirtomi į vienos spinduliuotės ir dviejų spinduliuočių, o pagal monochromatizacijos būdą – fotoelektrokolorimetrai ir spektrofotometrai. Fotoelektrokolorimetrų konstrukcija yra paprasta, tad jie yra dažniau naudojami atliekant serijines analizes.

Dviejų spinduliuočių prietaisai. Šiuose prietaisuose spinduliuotė nuo šaltinio išsiskaido į du srautus. Vienas praeina per analizuojamąjį tirpalą, kitas – per sulyginamąjį tirpalą. Prietaise su dviem detektoriais signalas yra registruojamas kompensaciniu metodu (šviesos srautai susilygina tarpo (diafragmos) pločio pakitimo būdu). Paprastai, besikeičianti diafragma yra susieta su būgnu, kuris yra pažymėtas tam tikros skalės laidumo arba optinio tankio mato vienetais. Kaip tokių prietaisų pavyzdžius galima pavadinti šiuos fotoelektrokolorimetrus: FEK-M, FEK-56 (7. pav.).

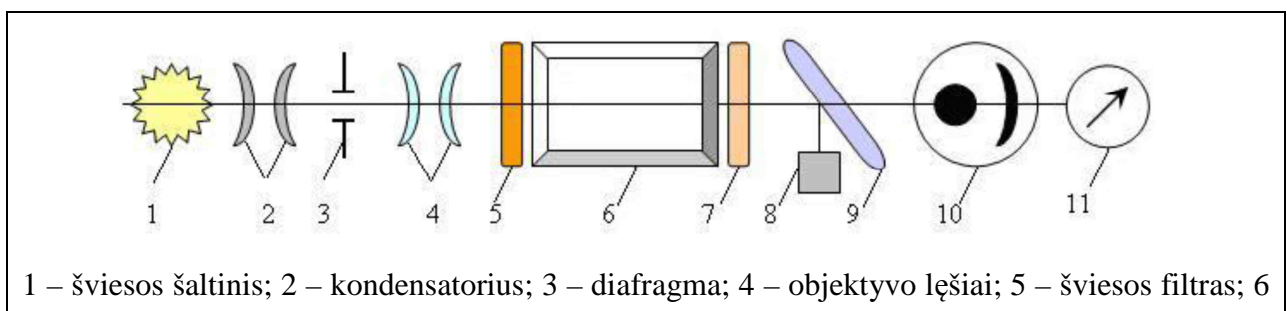
Prietaisuose su vienu detektoriumi naudojamas kintamasis (su modulatoriaus pagalba) šviesos srautų, pratekėjusių per dirbamą palyginimo kiuvetę, signalo perdavimas. Abu srautai susideda ir ant vieno fotoelemento krenta suminis spinduliuotės srautas. Signalas yra registruojamas kompensaciniu metodu. Panašią optinę schemą turi ir fotoelektrokolorimetras FEK-60.

Dviejų spindulių spektrofotometrai sukurti pagal tą patį principą kaip ir fotoelektrokolorimetrai, tačiau jų schemas yra daug sudėtingesnės. Aptikimas visada yra vykdomas su vienu detektoriumi. Tokio spektrofotometro pavyzdys yra SF-10, SF-14.

Vieno spindulio prietaisai

Šio tipo prietaisuose spinduliuotė vyksta eilės tvarka: nuo šaltinio praeina tik per dirbamąją kiuvetę arba palyginamąją kiuvetę. Šviesos srautui perėjus per palyginimo kiuvetę, šie prietaisai atsiradusią fotosrovę (galvanometro rodyklės nukrypimas) kompensuoja tarpo pločio pakitimu. Po to, šviesos srauto kelyje įtaiso dirbamąją kiuvetę ir sukeltą fotosrovės pakitimą kompensuoja potenciometru, kurio skalėje pažymėti laidumo arba optinio tankio vienetai. Pagal vieno spindulio schemas principą veikia vieno spindulio fotoelektrinis kolorimetras (VSFK), koncentracinis fotoelektrinis kolorimetras KFK-2 (7. pav.), spektrokolorimetras „Spekol“, spektrofotometrai SF-4, SA-16. SF-26, SF-46 ir kiti.

Fotoelektrokolorimetrų KFK serijos darbo principą galima paaiškinti pagal jo optinę schemą, kuri yra pateikta 9.10. pav. Šviesos srautas, atsiradęs iš šviesos šaltinio (1), pereina pro kondensatorių (2), diafragmą (3), objektyvo lęšiuką (4), šviesos filtrą (5) ir tada patenka į kiuvetės skyrių. Pereinant per kiuvetę (6) su tirpikliu, dalis šviesos srauto absorbuojamas spalvoto tirpalo, dalis atsispindi nuo išorinės kiuvetės sienelių pusės ir tokiu būdu, išeinant iš kiuvetės šviesos srauto, intensyvumas krenta. Toliau šviesos srautas per apsauginį stiklą (7) patenka ant plokštelės (9), nukreipiančios jį į fotoelementą (10) dirbant su bangų ilgiu 315–540 nm arba fotodiodą (8) dirbant su bangų ilgiais 590–980 nm. Šviesos srauto intensyvumo pakitimas sukelia proporcingą srovės jėgos pakitimą, kurį registruoja galvanometras (arba mikroampermetras).



– kiuvetė; 7 – apsauginis stiklas; 8 – šviesos diodas; 9 – šviesą skaidanti plokštelė; 10 – fotoelementas; 11 – galvanometras

9.10. Pav. Optinė fotoelektrokolorimetro KFK-2 schema.



9.11. Pav. Fotoelektrokolorimetro KFK-2 išorinis vaizdas.

Tam, kad šviesa būtų skaidoma fotoelektrokolorimetruose KFK-3 ir KFK-3-01 (9.12. pav.), spektre yra naudojama difrakcinės grotelės. Prietaiso procesorius suteikia galimybę įkelti į atmintį šešių matavimų rezultatus, tokiu būdu sukuriama kalibravimo kreivė, kuri pateikia tiriamojo tirpalo koncentracijos reikšmę daug greičiau ir tiksliau. Spektrinių matavimų diapazonas išplėstas iki 315 nm–990 nm.



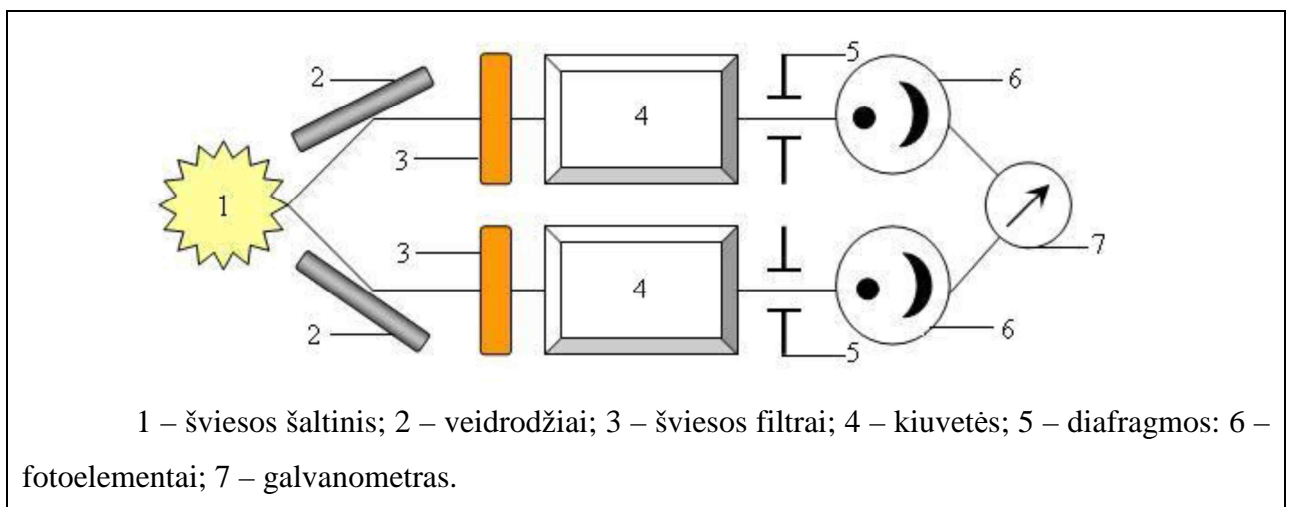
9.12. Pav. Fotoelektrokolorimetro KFK-3 išorinis vaizdas.

FEK (9.13. pav.) serijos fotoelektrokolorimetrų darbo principas pateiktas jo optinėje schemoje (9.14. pav.). Spinduliuotės srautas, keliaujantis nuo vieno ir to paties šviesos šaltinio (1), atsispindėjęs nuo veidrodžio (2), pereina pro šviesos filtrus (3), kiuvetes su spalvotais tirpalais (4), diafragmas (5) ir patenka ant fotoelementų (6). Diafragmos (5) sujungtos su būgnais, kurie yra kalibruoti pagal optinio tankio arba laidumo reikšmę. Sukant būgnus, galima

didinti arba mažinti diafragmų tarpus. Fotoelementai sujungti tarpusavyje ir su galvanometru (6) pagal diferencinę schemą, kuri galvanometrui suteikia nulinę padėtį, kai šviesos srauto intensyvumas yra lygus.

Viena iš diafragmų *tarnauja* atskaitai nuo nulio (optinis tankis $D = 0$ arba 100 % laidumo), kita – optinio tankio arba analizuojamojo tirpalo laidumui. Iš pradžių į abu srautus įveda kiuvetes su nuliniiais tirpalais. Nuliniai tirpalai – tai tirpalai be atitinkamo komponento, bet sudėtyje turintys visus likusius, jį atskleidžiančius komponentus. Keičiant nulinės atskaitos diafragmos tarpą, nustatoma nulinė galvanometro reikšmė (7). Tada į spindulį (kurie einana per matuojamąją diafragmą) srautą yra įvedama kiuvetė su analizuojamuoju tirpalu ir su šia diafragma vėl išveda šį įrenginį – indikatorį į nulinius parodymus. Matavimo diafragmos būgno ataskaita rodo optinį analizuojamo tirpalo tankį (arba laidumo procentą).

Visų fotoelektrokolorimetro sistemų darbas yra pagrįstas dviejų šviesos srautų išlyginimo principu, iš kurių vienas praeina pro kiuvetę su analizuojamu tirpalu, kitas – per kiuvetę su švariuoju tirpikliu. Fotoelektrokolorimetrų konstrukcija numato dviejų šviesos srautų intensyvumo išlyginimą diafragma. Su vienodu abiejų fotoelementų apšvietimu srautai nuo jų į galvanometro grandines nustatomi ties nuliu. Užtemdžius vieną fotoelementą ir kiuvetę su nuspalvintu tirpalu, galvanometro strėlė nukryps dydžiu, proporcingu tirpalo koncentracijai. Galvanometro strėlės nulinė padėtis atkurama užtemdžius antrąjį fotoelementą diafragma, kurių įrengimas leidžia keisti skylių diametrą, per kuriuos patenka šviesa. Diafragma: fotoelektrokolorimetro šviesos spindulys, sukant būgną, keičia savo plotį ir šviesos srauto intensyvumą, krentantį ant dešiniojo fotoelemento. Atsiverianti diafragma kairiajame spindulyje *tarnauja* šviesos srauto, krentančio ant kairiojo fotoelemento, intensyvumo susilpninimui. Dešinysis šviesos spindulys skirtas yra matavimui, kairysis – kompensacijai.



9.14. Pav. Fotoelektrokolorimetrų FEK (FEK-M, FEK-N-57, FEK-56) serijos optinė schema:

10. SKYRIUS. ŽODYNAS

Abiotiniai veiksniai – klimatiniai ir fizikiniai-cheminiai veiksniai: temperatūra, šviesa, vandeningumas, tėkmė, vandens apykaita, susimaišymas, vandens skaidrumas, jo drumstumas, druskų suma (mineralizacija), dujinis režimas (deguonies, anglies dioksido kiekis, pH), biogeniniai elementai (azoto, fosforo, silicio, vandenilio junginiai), mikroelementai (manganas, kobaltas, jodas ir kt.), organinė medžiaga suspenduotoje ir ištirpusioje būsenoje.

Aborigenai – senieji vandens telkinio gyventojai.

Adaptacija – organizmo prisitaikymas prie tam tikrų (naujai atsirandančių) aplinkos sąlygų, abiotinių veiksnių pokyčių.

Adsorbicija – sugėrimas paviršiumi, lemiantis didelę ištirpusių ir suspenduotų medžiagų koncentraciją išorinėje organizmų kūno pusėje, dumblių paviršiuje.

Aeracija – vandens prisotinimas deguonimi.

Aerotankas – uždaras vandens biologinio valymo įrenginys. Pripildomas akytąja medžiaga (koku, šlaku ir kt.), kurios paviršiuje vystosi bakterijos.

Aklimatizacija – organizmo prisitaikymas prie naujų egzistavimo sąlygų. Apibūdinama ne tik persikėlusių individų išgyvenimu ir dauginimusi, bet ir normaliu kitų kartų vystymusi naujoje gyvenimo vietoje.

Akvakultūra – vandens organizmų veisimas ir auginimas, naudojant intensyvaus ūkio tvarkymo priemones bei metodus ir taikant šiuolaikines biotechnologijas. Išskiriamos jūrinė (marikultūra) ir gėlujų vandenų akvakultūra.

Alochtoninė organinė medžiaga – organinė medžiaga, susidariusi už konkretaus vandens telkinio ribų. Paprastai ji yra biochemiškai stabili. Jos sudėtyje vyrauja vandens humusas – humuso junginiai ir fulvo rūgštys. Tai gali būti ir antropogeninė organinė medžiaga nevalytų nuotekų patekimo į vandens telkinius atveju. Intakų vandenų ir tvenkinių, ežerų, baseinų vandenų susijungimo zonoje alochtoninei organinei medžiagai oksiduoti panaudojama labai daug deguonies.

Amoniakas (NH₃) – aštraus specifinio kvapo bespalvės dujos. Amoniako vanduo, kurio sudėtyje yra 16–21 % azoto, naudojamas kaip trąšos ir, pasitelkiamas kovojant su žuvų ligomis.

Amonio salietra (amonio nitratas, NH₄NO₃) – labiausiai paplitusi azoto trąša. Į ūkius patenka granulių pavidalu, sudėtyje yra 33,6-34,8 % azoto, bijo drėgmės.

Amonifikacija – bakterijų skatinamas organinių medžiagų skaidymo procesas, vykstantis susidarant hidrobiontams nuodingam amoniakui.

Anabiozė – organizmo būseną, kai laikinai nutrūksta arba staigiai sulėtėja dar matomos gyvybės apraiškos. Būdinga kai kurioms žuvų rūšims išdžiūstančiuose ir užšalančiuose vandens telkiniuose. Daugybės bestuburių hidrobiontų atveju yra žinomos ilsėjimosi stadijos (cistos, kiaušinėliai), tai suteikia galimybę naudoti juos reikiamu momentu gyvų pašarų gavimo reikmėms.

Anaerobai – organizmai, sugebantys egzistuoti nesant laisvojam deguoniui, skirtingai nuo aerobų. Anaerobams priskiriama daugybė bakterijų, grybelių, helmintų ir pirmuonių rūšių.

Antrinė produkcija – organinėmis medžiagomis mintančių eterotrofinių organizmų produkcija.

Antropogeniniai (antropiniai) veiksniai – veiksniai, atsirandantys dėl žmogaus veiklos, – žemių melioracija, miestų ir gyvenviečių statyba, pramonės ir žemės ūkio, hidroenergetikos vystymasis, „rūgštūs“ lietūs, upių pasukimas tekėti kita vaga regioniniu ir globaliniu mastu, žuvų introdukcija (perkėlimas) ir aklimatizavimas joms naujose sąlygose.

Arealas – dalis žemės paviršiaus (teritorijos arba akvatorijos), kurios ribose yra paplitęs ir vyksta visas tam tikro taksono (rūšies, genties, šeimos ir kt. arba bet kokios bendrijos rūšies) vystymosi ciklas.

Asfiksija – žuvų uždusimas ir jų žūtis, nesant vandenyje ištirpusio deguonies arba esant nepakankamam jo kiekiui.

Asimiliacija – maisto medžiagų įsisavinimas. Kartu su disimiliacija (skaidymas ir išskyrimas) sudaro medžiagų apykaitą organizme – pagrindinę gyvo kūno savybę.

Asimiliatai – stabilūs organiniai junginiai, galutiniai fotosintetinės fiksacijos ir anglies dioksido atsistatymo augale produktai. Labiausiai paplitę asimiliatai: angliavandeniai bei šešių atomų spiritai (sorbitas, manitas) ir kai kurios organinės rūgštys bei aminorūgštys.

Autochtoninė organinė medžiaga – organinė medžiaga, susidaranti konkrečiame vandens telkinyje, dažniausiai dėl fitoplanktono gyvybinės veiklos (naujai sudaryta arba pirminė organinė medžiaga) bei bakterijų, zooplanktono, bentoso ir žuvų organinė medžiaga. Ji yra biochemiškai nestabili ir aukštesnėje kaip 20 °C temperatūroje, veikiant mikroorganizmams, greitai suyra (oksiduojasi).

Autotrofiniai organizmai – foto ir chemosintezuojantys organizmai, savo vystymuisi užtikrinti, naudojantys saulės šviesos energiją (fitoplanktonas) arba energiją, susidarančią oksiduojantis neorganiniams junginiams.

Batometras – paprastai, cilindro formos specialiai pritaikytas indas su vožtuvais arba čiaupais, skirtas nustatyti gylio po vandeniu reikmėms. Pagrindinė bet kokio batometro paskirtis yra paimti mėginį nustatytame horizonte ir toliau saugoti jį nuo susimaišymo su kitų horizontų vandeniu keliant prietaisą į paviršių. Vandens mėginių ėmimas, vienu metu automatiškai

registruojant temperatūrą, atliekamas naudojant batometrą-batitermografą. Dažnai batometrais vadinami vandens telkinių gylio matavimo prietaisai, o vandens mėginių ėmimo prietaisai – Nanseno buteliu (Nansenbottle) arba Niskino buteliu, priklausomai nuo konstrukcijos.

Bendrasis azotas – mineralinio ir organinio azoto gamtiniuose vandenyse suma.

Bentalė – vandens telkinio dugnas.

Bentofagai – hidrobiontai, mintantys dugno organizmais, – erškėtinės žuvis, karpiai, sazanai, karšiai, juodieji amūrai, čyrai ir kt.

Bentosas – vandens telkinio dugno gyventojai (chironomidai, oligochetai, moliuskai ir kt.).

Biocheminis deguonies sunaudojimas (BDS) - Vandens užterštumo organiniais junginiais laipsnis, nustatomas kaip deguonies kiekis, kurį suvartoja mikroorganizmai, skaidydami šiuos junginius aerobinėje aplinkoje. Laboratorijos sąlygomis kartu su visišku $BDS_{piln.}$ nustatomas BDS_5 – biocheminis deguonies suvartojimas per penkias paras. Visišku biocheminiu deguonies suvartojimu ($BDS_{piln.}$) laikomas deguonies kiekis, reikalingas organinėms priemaišoms oksiduoti iki nitrifikacijos procesų pradžios. Nustatant BDS, neatsižvelgiama į deguonies kiekį, suvartojamą amonio azotui oksiduoti iki nitritų ir nitratų. Buitinių nuotekų (be didelių gamybinių komponentų priemaišų) atveju nustatomas BDS_{20} , laikoma, kad ši vertė yra artima $BDS_{piln.}$

Biogeniniai elementai – medžiagos, kurios aktyviausiai dalyvauja vandens organizmų gyvybinėje veikloje. Fitoplanktono mineralinės mitybos pagrindas – anglies, azoto, fosforo, silicio, geležies ir kt. junginiai.

Biogeocenozę – visi vandens telkinio (kuris kraštovaizdžio ir geografiniame plane yra įvairių rūšių augalų bei gyvūnų biotopų kompleksas) gyventojai.

Bioindikatoriai – organizmai, kurių buvimas, skaičius arba vystymosi ypatumai nagrinėjami kaip gyvenamosios terpės natūralių procesų, sąlygų arba antropogeninių pakitimų rodikliai. Svarbus bioindikatorių naudojimo aspektas – gamtinės aplinkos taršos laipsnio vertinimas, nuolatinė jos kokybės ir pakitimų kontrolė.

Biologinis produktyvumas – energijos gaminimo, transformavimo, sugėrimo ir jos perėjimo per skirtingų lygių (nuo atskirų organizmų iki biogeocenožės) ekologines-geografines sistemas, procesų visuma.

Biologinė produkcija – organinės medžiagos biomasė, sudaroma per laiko vienetą dėl hidrobiontų gyvybinės veiklos (produkavimo). Autotrofinių organizmų biologinė produkcija vadinama pirmine, heterotrofinių (bakterijų ir gyvūnų) – antrine.

Biomasė – rūšies, rūšių grupės arba organizmų bendrijos individų suminė masė, kuri, paprastai, išreiškiama sausosios arba drėgnosios medžiagos masės vienetais per bet kokios gyvenimosios vietos pločio ar tūrio vienetą (kg/ha, g/m², g/m³ ir kt.).

Biotiniai veiksniai – organinio pasaulio veiksniai, organizmų (plėšrūnų ir aukos) sąveika, aprūpinimas maistu.

Biotinė aplinka – gyvų organizmų, kurie savo gyvybine veikla daro įtaką kitiems organizmams, visuma.

Biotopas – organizmų visumos (biocenozės) gyvenimo vieta tam tikromis fizikinėmis-cheminėmis ir geografinėmis sąlygomis – tvenkinys, ežeras, vandens baseinas, upė, jūra ir jos atskiros akvatorijos.

Cheminis deguonies suvartojimas (ChDS) – deguonies kiekis, suvartojamas organinei medžiagai oksiduoti veikiant stipriam oksidatoriui (bichromatinė oksidacija).

Chloridai – druskos rūgšties druskos. Natrio chloridas sudaro apie 77 % visų vandenyno vandens druskų. Gėlavandenyje akvakultūroje naudojamas vanduo, kuriame chloridų kiekis neviršija 5 g/l.

Chlorofilas – pagrindinis fotosintetinis pigmentas, esantis makrofituose ir mikrodumbliuose. Chlorofilas nustatomas įvertinant pirminę vandens telkinių produkciją.

Denudacija – vėjo, vandens, ledo sukiamų uolienų ardymo ir perkėlimo procesų (dėl kurių žemės paviršiaus reljefas tampa lygus) visuma. Vykstant šiems procesams, susidaro plokščia kalvota lyguma.

Destrukcija – organinės medžiagos biocheminis oksidavimasis (skilimas) iki mineralinių komponentų. Bakterinė destrukcija užtikrina vandens telkinių savaiminį išsivalymą nuo autochtoninės ir antropogeninės (alochtoninės) kilmės organinių medžiagų pertekliaus.

Detritas – vandens stovymeje suspenduotos organinės-mineralinės kilmės dalelės, susidarančios mirštant augalams bei gyvūnams ir veikiant jų išskyrimo produktams. Šių dalelių paviršiuje aktyviai vystosi bakterijos. Detritas – tai daugybės hidrobiontų, įskaitant ir žuvis, maistas.

Didžiausios leistinos koncentracijos (DLK) – normatyvai, nustatantys kenksmingos medžiagos koncentracijas tūrio (oro, vandens), masės (maisto produktų, dirvožemio) arba paviršiaus (dirbančiųjų odos) vienetu, kurių poveikis per tam tikrą laikotarpį praktiškai neturi įtakos žmogaus sveikatai ir nekelia nepalankių pasekmių jo palikuonims.

Didžiausia leistina vandens telkinio, naudojamo žuvininkystės ūkio reikmėms, koncentracija – kenksmingos medžiagos koncentracija vandenyje, kuri neturi neigiamai veikti žuvų, ypač prekybinių, populiacijos.

Distrofinis – mažai produktyvus, negilus vandens telkinys su durpinėmis dugno nuosėdomis, kurio vanduo yra mažai skaidrus, pH – mažesnis nei 7,0, dažnai pasitaiko žūties reiškinių.

Drumstumas – gamtinių vandenų drumstumą sukelia smulkios dispersinės priemaišos, kurių buvimą vandenyje lemia įvairios kilmės netirpios arba koloidinės neorganinės ir organinės medžiagos. Kokybinis nustatymas, atliekamas aprašomuoju metodu: silpna opalescencija, silpnos, pastebimos ir stiprios drumzlės.

Evaporacija – vienas iš nuotekų valymo vandens garais metodų.

Euribiontiniai organizmai (euribiontai) – organizmai, gyvenantys didelio fizikinių-cheminių aplinkos veiksnių svyravimo sąlygomis.

Eutrofikacija – antropogeninis (arba kryptingas) organinių medžiagų kaupimas vandens telkinyje, bioprodukcinių procesų intensifikacija.

Eutrofinis – labai produktyvus vandens telkinys, kuriam būdinga gerai išreikšta litoralė ir gausi augalija. Dažniausiai negilus. Priedugniniuose sluoksniuose ir grunte daug biogeninių ir organinių medžiagų. Būdingas mažas vandens skaidrumas ir santykinai aukšta mineralizacija.

Edafiniai veiksniai – fizinės ir cheminės dirvožemio savybės, lemiančios hidrocheminį režimą ir darančios ekologinį poveikį gyviems organizmams. Ypatinę reikšmę turi dirvožemio struktūra ir sudėtis, mineralinių ir organinių medžiagų jame buvimas.

Ekologinė niša – vieta (erdvė), kurią užima rūšis (populiacija) šioje bendrijoje (biohidrocenozeje). Ekologinę nišą apibūdina aplinkos veiksnių, reikalingų šiam organizmui ar populiacijai egzistuoti, visuma.

Ekosistema – biotopo ir biocenozės visuma.

Ekstrakcija – skysčių mišinių dalijimo procesas naudojant atrankinius (selektyvinius) tirpiklius (ekstragentus).

Elektrolizė – medžiagos (vandens, druskų ir rūgščių tirpale) skaidymas, per tirpalą leidžiant elektros srovę.

Epilimnionas – paviršinis, produktyvus vandens sluoksnis iki viršutinės tankio šuolio sluoksnio ribos.

Fitoplanktonas – mikroskopinių augalinių organizmų, gaminančių deguonį ir organinę medžiagą vykstant fotosintezės procesui, visuma, – pirmasis trofinis lygis hidrobiontų mitybos grandinėje.

Flotacija – smulkių kietųjų kūnų dalijimosi procesas, pagrįstas skirtingu jų sudrėkinimu vandeniu.

Chemosintezė – procesas, kai bakterijos gamina organinę medžiagą, kada aerobinės sąlygos pakeičia anaerobines.

Cikliškumas – gamtinių procesų daugiamečio kintamumo dėsningumas. Cikliškumo atveju išėjusi iš tam tikros kvazistacionarios būsenos, sistema būtinai grįžta į pradinę padėtį.

Cikloninės cirkuliacijos – horizontalus sukūrinis vandens judėjimas prieš laikrodžio rodyklę, vykstantis dėl pagrindinio tėkmės srauto sąveikos su priešpriešiniu srautu arba pasikeitus atmosferos slėgiui, arba tėkmei susidūrus su dugno, kranto linijos nelygumais. Cirkuliacijos gali atsirasti ir išnykti besikeičiant vyraujančių vėjų kryptiai, bet gali nuolat egzistuoti. Skirtingai nuo anticikloninių cirkuliacijų (pagal laikrodžio rodyklę), cikloninių centriniėje dalyje vyksta vertikalusis vandens masių perkėlimas (kylantis judėjimas) iš gilumos į paviršių. Pačioje centriniėje dalyje stebimas vandens nuoslūgis link ciklono periferijos ir nedidelis lygio žemėjimas. Esant anticikloniniam apytakos ratui, vyksta vandens pritekėjimas iš periferijos centro link, lygis čia paaukštėja, taip užtikrinamas besileidžiantis vandens judėjimas. Pirmuoju atveju tankio šuolio sluoksnis yra arčiau paviršiaus ir labiau išreikštas, antruoju – jis išsidėsto giliau ir gana nedideliais vertikaliais gradientais. Cikloninės ir anticikloninės cirkuliacijos stebimos pačiuose įvairiausių vandens telkiniuose – ežeruose, baseinuose, tvenkiniuose. Kuo mažesnis yra vandens telkinys, tuo mažiau išreikštos cirkuliacijos ir tuo trumpesnis jų egzistavimo laikas. Cikloninių cirkuliacijų centrinių dalių vandenys paprastai būna produktyvesni už anticikloninių apytakos ratų centrinės dalis.

Gamtinių vandenų skaidrumas (arba šviesos laidumas) – jį lemia šių vandenų spalva ir drumstumas, t. y. juose esančios įvairios spalvotos ir suspenduotos organinės bei mineralinės medžiagos.

Gamtinių vandenų tarša – vandens sudėties ir savybių pakitimai dėl natūralaus proceso arba žmogaus veiklos, sukelti hidrobiontų egzistavimui nepalankių sąlygų susidarymą. Išskiriama pirminė ir antrinė tarša. Teršalai yra fitoplanktono gyvybinės veiklos produktai, detergentai, radionuklidai, pesticidai, nafta ir kt.

Geležis – biogeninis elementas, esantis hemoglobino bei chlorofilo sudėtyje ir atliekantis svarbų vaidmenį formuojant hidrocheminį režimą. Paprastai, vandenyje yra dviejų formų pavidalu: monoksidas (divalentė geležis) ir oksiduota (trivalentė) geležis. Nepageidautina, kad jos kiekis geriamajame vandenyje viršytų 0,5 mg/l, o didesnis kaip 2 mg/l lygis yra nepalankus žuvininkystės reikmėms. Geležies monoksidas pasitaiko vandenyje nesant deguoniui arba esant jo nedideliame kiekiui.

Halobiontai – organizmai, gyvenantys sūriame vandenyje.

Hidrolizė – medžiagos cheminė sąveika su vandeniu, kuriai vykstant sudėtingi junginiai skyla į paprastesnius. Hidrolize paaiškinamos balinamosios chloro savybės, valomosios muilo savybės ir kt.

Hipolimnionas – vandens sluoksnis, esantis po metalimnionu ir iki dugno. Šio sluoksnio vandenyse vyrauja oksidaciniai procesai, o deguonies koncentracija paprastai neviršija 95-90 %.

Izolinijos – tam tikro rodiklio vienodų reikšmių linijos, pažymėtos žemėlapyje arba grafike, – izobatos, izotermos, izooksigenai ir kt.

Kalkinimas – svarbiausias vandens telkinių melioracijos, hidrocheminio režimo pakeitimo į hidrobiontams palankią pusę metodas. Padeda neutralizuoti rūgščius junginius, mineralizuoja organinę medžiagą, naudojamas kaip dezinfekavimo priemonė.

Karbonatai – anglies rūgšties druskos (H_2CO_3). Svarbiausias vaidmuo hidrocheminiame vandens telkinių režime tenka kalcio ir magnio karbonatams.

Koaguliacija (krešėjimas, kietėjimas) – procesas, kai tirpalas pasidalina į dvi dalis (tirpiklį ir koloidinę masę). Koaguliacijos procesas skatina dugno nuosėdų kaupimąsi.

Kompensacinis taškas (sluoksnis) – riba, kurioje oksidacijos-redukcijos procesai pasiekia pusiausvyros būseną. Kompensaciniame taške fitoplanktono užtikrinamo pirminės organinės medžiagos susidarymo greitis yra lygus jos skilimo (destrukcijos) greičiui. Dažnai jis išdėstytas temperatūrinio šuolio sluoksnio zonoje.

Konsumentai – antrojo ir po jo einančių trofinių lygių hidrobiontai, heterotrofai.

Kriofilai – šaltį mėgstantys organizmai.

Kristalizacija – kristalų susidarymo procesas vykstant elektrolizės procesams ir cheminėms reakcijoms.

Litoralė – sekli priekrantinė zona.

Makrofitai – stambūs aukštesnieji (žiediniai) ir žemesnieji vandens augalai, sudarantys ekologines grupuotes vandens telkinyje. Makrofitai plūduriuojančiais lapais – vandens lelijos, lūgnės, plūdės, plūdenos, būdmainės rūgtys ir kt. Antvandeniniai makrofitai – nendrės, švendrai, šiuropiai ir kt. Povandeniniai makrofitai – plūdės, elodėjos, nertys, plunksnalapės ir kt.

Metalimnionas – vidurinis, pereinamasis vandens sluoksnis, esantis giliau tankio šuolio, jam būdinga padidinta biogeninių elementų koncentracija, palyginti su virš jo esančiu fotiniu sluoksniu.

Metatankas – uždaras baseinas, naudojamas vandeniui valyti nuo teršalų. Tokio baseino dumblo nuosėdose dėl dirbtinio pašildymo intensyviai vystosi anaerobinės bakterijos, mineralizuojančios organinę medžiagą.

Mezoplanktonas – 1-10 mm dydžio planktono organizmai.

Mezosaprobiniai vandens telkiniai – vandens telkiniai, pagal saprobiškumo skalę įvertinami kaip vidutiniškai užteršti.

Mikroplanktonas – nuo 50 mk iki 1 mm dydžio planktono organizmai.

Mineralizacija – bendra jonų (katijonų ir anijonų) suma, apibūdinanti druskų kiekį vandenyje. Visų mineralinių medžiagų, nustatytų atliekant vandens cheminę analizę, suminis kiekis paprastai išreiškiamas mg/dm^3 (iki 1000 mg/dm^3) ir ‰ (daugiau kaip 1000 mg/dm^3). Keičiasi besikeičiant metų sezonams, priklausomai nuo vietovės platumos – didėja iš šiaurės į pietus. Atogrąžų ir subatogrąžų platumų vandenyse (upėse, ežeruose, vandens baseinuose) tarp jonų vyrauja sulfatai ir chloridai. Organinės medžiagos mineralizacija – tai jos skilimo (destrukcijos) procesas, kurį užtikrina bakterijos ir cheminis oksidavimasis iki mineralinių darinių, susidarant CO_2 , vandeniui, mineralinėms druskoms.

Mizidai – aukštesniųjų vėžiagyvių būrys. Tai, paprastai, nestambūs planktono ir bentoso vėžiagyviai, primenantys krevetes. Žinoma apie 780 rūšių, kurių didžioji dalis gyvena jūrų priekrantiniuose vandenyse.

Neistonas – ypatinga augalinių ir gyvulinių organizmų, gyvenančių vandens paviršiaus plėvelėje, bendrija.

Nektonas – aktyviai plaukiojantys gyvuliniai organizmai, lengvai įveikiantys tėkmės jėgą.

Nitrifikacija – amoniako ir amoniako druskų oksidavimosi iki nitritinės ir azoto rūgščių procesas, kurį skatina bakterijos – nitrifikatoriai. Atvirkštinis procesas (**denitrifikacija**) – bakterijų skatinamas nitritų atstatymas iki molekulinio azoto.

Oksidacinis-redukcinis potencialas, redukcijos (redoks) potencialas Eh – milivoltais išreikštas potencialų skirtumas, susidarantis tarp dviejų medžiagų vykstant oksidacijos-redukcijos reakcijoms. Oksidacijos-redukcijos reakcijų metu vyksta elektronų perkėlimas iš oksiduojamojo junginio į redukuojamąjį junginį.

Oligohumusinis vandens telkinys – vandens telkinys, kuriame yra mažas humuso kiekis ir santykinai skaidrus vanduo.

Oligosaprobinis – vidutiniškai užterštas.

Oligotrofinis – mažai produktyvus, neužtikrinantis pakankamo maisto kiekio. Būdingi (natūralioje būsenoje) reikšmingi gyliai, mažai išsivysčiusi litoralė. Paprastai oligotrofiniai vandens telkiniai būna išsidėstę jaurinio pelkinio ir velėninio jaurinio dirvožemio zonose.

Organoleptiniai stebėjimai – vandens objekto būklės nustatymas jo tiesioginės apžiūros metodais. Atliekant organoleptinius stebėjimus, ypatingas dėmesys skiriamas reiškiniams, kurie nėra būdingi šiam vandens telkiniui ar vandentėkmei ir kurie dažnai liudija apie jo teršimą: žuvų ir kitų vandens organizmų, augalų žūtis, dujų burbuliukų išsiskyrimas iš dugno nuosėdų, padidėjęs drumstumas, pašalinių spalvų, kvapų atsiradimas, vandens „žydėjimas“, naftos plėvelė ir kt.

P/B koeficientas – produkcijos ir biomasės santykis.

Pelagialė – vandens storumė virš povandeninės terasos (priekrantinė pelagialė), virš gilumų (būtent pelagialė) ir katilo.

Periodiškumas – įvairios kilmės procesų, vykstančių atmosferoje, lirosferoje, hidrosferoje ir biosferoje, daugiamečio kintamumo dėsningumas. Atspindi vienodą laiko intervalų pobūdį – sezonų kaitą, embriono vystymosi laikotarpį ir pan.

Perifitonas – vandens organizmai, prisitvirtinę prie vandens storumėje esančių objektų, augalų ir gyvų kūnų.

Permanganatinė oksidacija – reikšmė, apibūdinanti organinių ir neorganinių medžiagų, oksiduojamų kalio permanganatu rūgščioje, šarminėje ar neutralioje terpėje, kiekį vandenyje.

Polihumusinis – vandens telkinys, kuriame yra didelis alochtoninės kilmės organinės medžiagos (vandens humuso) kiekis ir mažai skaidrus vanduo.

Polikultūra – bendras skirtingų rūšių žuvų auginimas, kuris remiasi jų mitybos spektro skirtumu.

Potencialus žuvų produktyvumas – hidrobiontų produktyvumo galimybės labiausiai palankiomis abiotinėmis ir biotinėmis sąlygomis.

Producentai – pirmojo trofinio lygio hidrobiontai. Autotrofiniai organizmai, gaminantys organines medžiagas iš mineralinių medžiagų fotosintezės procese.

Profundalė – pati giliausia ežero bentalės dalis.

Reofiliniai organizmai – hidrobiontai, kurie vystosi vandens telkiniuose arba telkinių ruožuose, kuriems būdingas didelis tėkmės greitis, dažniausiai tai būna upėse gyvenančios rūšys.

Ritmiškumas – įvairios kilmės procesų daugiamečio kintamumo dėsningumas. Turi daug bendro su periodiškumu, tačiau nėra griežtai apibrėžtas laike ir negrąžina sistemos į pradinę būseną, nes gamtoje nuolat stebima sudėtinga skirtingos trukmės ir skirtingos amplitudės ritmų interferencija.

Sedimentacija – suspenduotų dalelių nusėdimas ant vandens telkinio dugno, kuris vyksta dažniausiai dėl sunkaus jėgos poveikio. Sukelia mineralinių ir organinių medžiagų kaupimąsi tvenkiniuose, ežeruose, vandens telkiniuose, jūrų ir vandenynų dugno nuosėdose.

Rūgštingumas – su hidroksilo jonais reaguojančių medžiagų kiekis vandenyje. Įprastuose gamtiniuose vandenyse rūgštingumas dažniausiai priklauso tik nuo laisvojo anglies dioksido kiekio. Natūralią dalį rūgštingumo taip pat užtikrina huminė ir kitos silpnos organinės rūgštys bei silpnų bazių katijonai (amonio, geležies, aliuminio, organinių bazių jonai). Šiais atvejais vandens pH vertė nebūna žemesnė kaip 4,5.

Rūšis – individų visuma, kuriems būdingos panašios morfologinės ypatybės ir organizmų, galinčių tarpusavyje kryžmintis ir duoti palikuonis, kurie sudaro aukštą organizuotą evoliucijos vienetą.

Sestonas – vandenyje suspenduotų smulkių organinės ir mineralinės kilmės dalelių (detrito) bei planktono organizmų visuma.

Silicis – biogeninis elementas. Jo koncentracija gėlavandenyuose telkiniuose siekia 5-6 mg/l. Fitoplanktonas naudoja jį silicio rūgšties (SiO_2) pavidalu. Reikalingas titnaginių dumblo geldelėms vystytis.

Sorbcija – procesas, kai kietieji kūnai arba skystieji tirpalai sugeria dujų pavidalo arba ištirpintas medžiagas. Pavyzdžiui, biogeninių elementų sugėrimas dumblu.

Spalvingumas – vandens kokybės rodiklis, apibūdinantis vandens spalvos intensyvumą ir lemiamas spalvotų junginių kiekio. Išreiškiamas platinos-kobalto skalės laipsniais. Nustatomas palyginant tiriamo vandens spalvą su etalonais.

Stenobiontiniai organizmai – organizmai, gyvenantys siaurose fizikinių-cheminių veiksnių ribose.

Stratifikacija – vandens masės vertikalusis susisluoksniavimas, paprastai vykstantis esant šiltiems saulėtiems orams dėl greito paviršinių vandenų sušilimo, fitoplanktono intensyvios gyvybinės veiklos. Žiočių zonose vyksta dėl didelio organinės medžiagos, taip pat ir antropogeninės kilmės, bei suspensijų kiekio patekimo. Stratifikaciją apibūdina temperatūros šuolio sluoksnis ir dauguma hidrocheminių charakteristikų. Jos ilgalaikis poveikis sukelia žūties reiškinių atsiradimą.

Sukcesija – nuosekli, tam tikru būdu nukreipta bendrijos vystymosi laike eiga, kuriai yra būdingi populiacijos rūšinės struktūros pakitimai, dažnai iki visiško rūšies išnykimo. Ryškiausias pavyzdys – pagrindinių fitoplanktono formų keitimasis pagal metų sezonus. Daugiametėje dinamikoje sukcesijos yra būdingiausios ichtiocenozėms.

Suspenduotos kietosios medžiagos, esančios gamtiniuose vandenyse, susideda iš molio, smėlio, dumblo dalelių, suspenduotų organinių ir neorganinių medžiagų, planktono bei kitų mikroorganizmų. Suspenduotų dalelių koncentracija yra susijusi su sezoniniais veiksniais bei tėkmės režimu ir priklauso nuo sniego tirpimo, vagos dugną sudarančių uolienuų ir antropogeninių veiksnių, tokių kaip žemės ūkis, kalnų kasyba ir kita.

Šarmingumas – kai kurių vandens komponentų gebėjimas surišti ekvivalentinį kiekį stiprių rūgščių. Šarmingumą lemia silpnų rūgščių anijonų (karbonatų, hidrokarbonatų, silikatų, boratų, sulfidų, hidrosulfidų, sulfidų, hidrosulfidų, huminių rūgščių anijonų, fosfatų) buvimas vandenyje – jų suma vadinama bendroju šarmingumu. Dėl nereikšmingos trijų paskutiniųjų jonų koncentracijos vandens bendrasis šarmingumas paprastai apibūdinamas tik anglies rūgšties anijonais (karbonatinis šarmingumas). Šarmingumą apibūdina stiprios rūgšties, reikalingos 1 dm^3 vandens neutralizuoti, kiekis. Daugumos gamtinių vandenų šarmingumas nustatomas atsižvelgiant į kalcio ir magnio hidrokarbonatus, šių vandenų pH neviršija 8,3.

Termofiliniai organizmai – šilumą mėgstantys organizmai.

Tėkmių divergencija – tėkmių išsiskyrimas arba pagrindinio srauto suskirstymas į kelis, tekančius į dešinę ir į kairę. Šiuo atveju paviršiniame sluoksnyje vyksta lygio žemėjimas, hidrostatinis išretėjimas, tai lemia giluminių vandenų pakilimą ir ištekėjimą į paviršių arba į fotinio sluoksniu zonos. Šie reiškiniai yra viena iš pagrindinių vandens masių susimaišymo priežasčių.

Toksiškos medžiagos – nuodingos medžiagos, patenkančios į vandens telkinius kartu su pramoninėmis ir buitinėmis nuotekomis, žemės ūkio nuotekomis bei susidarantiems pačiame vandens telkinyje (sieros vandenilis, amoniakas, metanas ir kt.) ir sukeliančios žuvų toksikozes.

Trofinė (mitybos) grandinė – energijos ir organinės medžiagos perdavimas iš vieno trofinio lygio į kitą tam tikra seka: fitoplanktonas + makrofitai – bakterioplanktonas – zooplanktonas (plėšrusis ir taikusis) + zoobentosas (plėšrusis ir taikusis) – žuvis (planktofagai, bentofagai, plėšrūnai). Pirminės organinės medžiagos utilizavimo įvairiuose trofiniuose lygmenyse efektyvumo kiekybinis nustatymas – tai objektyviausias žuvininkystėje taikomų intensifikacijos priemonių vertinimo metodas.

Ubikvistai – organizmai, kuriems būdingas aukštas euribiontiškumo laipsnis.

Vandenilio rodiklis, pH – vandenilio (tiksliau, hidroksonio) jonų koncentracija gamtiniuose vandenyse, paprastai apibūdinama anglies dioksido ir jo jonų koncentracijos kiekybiniu santykiu. Patogumo dėlei, vandenilio jonų koncentracijai išreikšti buvo priimta vertė – jų koncentracijų logaritmas su atvirkštiniu ženklu: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$.

Vandens cheminė sudėtis – gamtiniuose vandenyse ištirpusių joninės, molekulinės ir koloidinės būsenos mineralinių ir organinių medžiagų visuma.

Vandens kietumas – kalcio ir magnio katijonų sąveika su silpnomis ir stipriomis rūgštimis. Išskiriamas karbonatinis, nekarbonatinis ir bendrasis kietis. Kadangi virinant vandenį hidrokarbonatai transformuojasi į karbonatus, kurie iškrenta į nuosėdas, karbonatinis kietis vadinamas **laikiniu** arba **pašalinamu**. Po virinimo likęs kietis vadinamas pastoviuoju. Kiečio nustatymo rezultatai paprastai išreiškiami mg-ekv/dm^3 . Optimalus bendrasis kietis žuvininkystės reikmėms yra 5-12 °H.

Vandens oksidacija – reikšmė, apibūdinanti organinių ir neorganinių medžiagų (oksiduojamų vienu iš stipresnių cheminių oksidatorių tam tikromis sąlygomis) kiekį vandenyje. Egzistuoja kelios vandens oksidacijos rūšys: permanganatinė, bichromatinė, jodo, cerio. Aukščiausią oksidacijos laipsnį užtikrina vandens bichromatinės ir jodo oksidacijos metodai. Mažai užterštų gamtinių vandenų atveju rekomenduojama nustatyti **permanganatinę oksidaciją**; labiau užterštuose vandenyse paprastai nustatoma **bichromatinė oksidacija**. Išreiškiama mg O/l .

Vandens prisotinimo deguonimi laipsnis – deguonies santykinis kiekis vandenyje, išreikštas jo normalaus kiekio procentais. Priklauso nuo vandens temperatūros, atmosferos slėgio ir sūrumo.

Vandens „žydėjimas“ – masinis planktono dumblo vystymasis prie vandens paviršiaus, dažniausiai padidėjusios temperatūros laikotarpiu.

Vario sulfatas (vario kuporosas) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Naudojamas kovojant su vandens „žydėjimu“.

Zoobentosas – išskiriamas nektobentosas (organizmai, gyvenantys prie dugno paviršiaus, – mizidai), mikrobentosas, mezobentosas, makrobentosas.

Zooplanktonas – smulkiųjų gyvų organizmų, kurie gyvena vandens stovymėje ir negali pasipriešinti juos perkeliančiai tėkmei, visuma. Išskiriamas makrozooplanktonas ir mikrozooplanktonas. Zooplanktoną sudaro trys pagrindinės grupės: verpetės (labai smulkūs gyvūnai, kurie anksčiau buvo priskiriami kirmėlių rūšiai), irklakojai vėžiagyviai – kopepodai (smulkūs vėžiukai, judantys kojelėmis-irklais) ir šakotaūsiiai (vėžiukai, kurie plaukioja, naudodami modifikuotas antenas).