

**PROJEKTAS NR. VP1-2.2-ŠMM-04-V-03-022**

## **AKVAKULTŪROS HIDROCHEMIJA**

### **KONSPEKTAS**

Parengė: Asociacija „Šilutės žuvininkystės vietos veiklos grupė“

Parengtas 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

ĮVADAS .....	4
1 SKYRIUS. VANDENS TIRPALŲ FIZIKINIAI IR CHEMINIAI PAGRINDAI .....	6
1.1. poskyris. Bendrosios nuostatos .....	6
1.2. poskyris. Elektrolitinė disociacija.....	8
1.3. poskyris. Vandens joninė sandauga. Tirpalo pH .....	11
1.4. poskyris. Tirpalų koncentracijos išraiškos būdai.....	11
1.5. poskyris. Raulio dėsniai.....	14
1.6. poskyris. Dujų tirpumas skysčiuose .....	15
2 SKYRIUS. ŽUVŲ MEDŽIAGŲ APYKAITOS YPATUMAI IR JOS SĄVEIKA SU GYVENAMĄJA APLINKA .....	16
2.1. poskyris. Žuvų virškinimo sistema ir maisto komponentų transformavimas joje.....	17
2.2. poskyris. Žuvies medžiagų apykaitos ir vandens cheminės sudėties ryšys.....	21
2.3. poskyris. Druskų balanso palaikymas ir žuvų osmosinės reguliacijos sistema.....	22
2.4. poskyris. Žuvų medžiagų apykaitos priklausomybė nuo vandens temperatūros .....	22
2.5. poskyris. Vandenyje ištirpusių dujų įtaka žuvų medžiagų apykaitai.....	24
3 SKYRIUS. VANDENS TELKINIO HIDROCHEMINIO REŽIMO PRODUKTYVUMO FORMAVIMASIS .....	26
3.1. poskyris. Veiksniai, formuojantys vandens telkinio hidrocheminį režimą .....	26
3.2. poskyris. Klimato ir hidrologiniai veiksniai .....	28
3.3. poskyris. Vandeningumas ir vandens apykaitos intensyvumas.....	29
3.4. poskyris. Hidrodinaminiai veiksniai.....	29
3.5. poskyris. Hidrocheminių charakteristikų laiko ir erdvės pokyčiai .....	31
3.6. poskyris. Dugno nuosėdos.....	33
4 SKYRIUS. VANDENS TOKSIKOLOGIJA .....	36
4.1. poskyris. Toksikologijos dalykas ir sąvokos. ....	36
4.2. poskyris. Aplinkos tarša. Taršos tipai.....	37
4.3. poskyris. Bandymo objektų naudojimas atliekant toksikologinius eksperimentus .....	39
4.4. poskyris. Pagrindinės toksinių medžiagų klasės.....	40
4.5. poskyris. Ekologinės rizikos vertinimas.....	41
4.6. poskyris. Potencialiai toksinių medžiagų atsiradimo aplinkoje šaltiniai.....	45
5 SKYRIUS. ĮVAIRIŲ VANDENS TELKINIŲ TIPŲ HIDROCHEMIJOS YPATUMAI.....	45
5.1. poskyris. Upės .....	45
5.2. poskyris. Ežerai .....	47
5.3. poskyris. Tvenkiniai .....	49
5.4. poskyris. Žuvivaisos tvenkiniai .....	50
6 SKYRIUS. HIDROCHEMINIŲ RODIKLIŲ VALDYMO YPATUMAI UŽDAROSIOSE RECIRKULIACINĖSE SISTEMOSE .....	51
6.1. poskyris. Biologinio valymo procesai .....	51
6.2. poskyris. Degazacija, aeracija ir nuvalymas.....	54
6.3. poskyris. Oksigenacija.....	55
6.4. poskyris. Ultravioletinė spinduliuotė.....	56
6.5. poskyris. Ozonas.....	56
6.6. poskyris. pH lygio reguliavimas .....	57
6.7. poskyris. Šilumos perdavimas .....	57
6.8. poskyris. Stebėjimo, kontrolės ir signalizacijos sistema .....	58
6.9. poskyris. Avarinės sistemos .....	59
7 SKYRIUS. BIOPRODUKČINIŲ PROCESŲ HIDROCHEMINĖ BIOINDIKACIJA .....	59
7.1. poskyris. Nuokrypio dydis nuo normalaus vandens prisotinimo deguonimi .....	60
7.2. poskyris. BDS ir oksidacija .....	62
7.3. poskyris. Pirminė produkcija ir žuvų produktyvumas.....	62



7.4. poskyris. Biotinis balansas .....	64
7.5. poskyris. Biogeninių ir organinių medžiagų balansas .....	65
7.6. poskyris. Hidrocheminiai rodikliai dirbtinės eutrofikacijos sąlygomis.....	66
<b>8 SKYRIUS. VANDENS KOKYBĖS VERTINIMAS PAGAL HIDROCHEMINIUS</b>	
<b>RODIKLIUS.....</b>	<b>70</b>
8.1. poskyris. Vandens kokybė.....	70
8.2. poskyris. Druskų sudėtis vandenyje .....	70
8.3. poskyris. Vandenilio jonų koncentracijos ir toksiškumas .....	71
8.4. poskyris. Vandens temperatūra.....	74
8.5. poskyris. Deguonis ir žuvų deguonies suvartojimas .....	75
8.6. poskyris. Medžiagos, ribojančios vandens panaudojimą žuvininkystėje .....	77

## ĮVADAS

Hydrochemija – tai mokslas, tiriantis gamtinio vandens (hidrosferos) cheminės sudėties kitimą įvairiose terpėse ir tam tikru laiku, priklausomai nuo klimato, fizikinių ir biologinių procesų. Hydrochemija tiria, kaip vandenyje formuojasi ir migruoja druskos sudėties, mineralinių ir organinių medžiagų elementai, kurių daugelis susidaro dėl organizmų gyvybinės veiklos. Dėl didėjančio antropogeninių (žmonių sukurtų) veiksnių poveikio ir įvairių žuvivaisos sistemų produktyvumo didinimo priemonių taikymo būtina susidaryti aiškų supratimą apie hidrocheminio režimo formavimąsi. Žinant rodiklius, kuriems esant įvyksta įvairios ekstremalios situacijos, galima iš anksto numatyti ir laiku imtis tinkamų priemonių siekiant užkirsti kelią žuvų uždusimui ir toksikozei. Taip galima užtikrinti žymų žuvininkystės sistemų produktyvumo didėjimą.

Žuvų produktyvumo didinimo priemonės, didelis žuvų laikymo tankis ir intensyvus šėrimas dažnai sukelia telkinio hidrocheminio režimo pokyčius, kurie yra nepalankūs hidrobiontams (vandens organizmams).

Užsiimant žuvininkyste svarbu žinoti hidrocheminio režimo formavimąsi, nuo kokių biotinių (susijusių su gyvaisiais organizmais) ar abiotinių (susijusių su negyvaisiais organizmais) veiksnių jis priklauso, kokio lygio hidrocheminių rodiklių pokyčius sukelia žuvininkystės intensyvinimo priemonės.

Tankiai laikant žuvis ir jas nuolat šeriant, vandenyje vyksta organinės medžiagos kokybinės sudėties pokyčiai. Tokiais atvejais vandens telkinyje vyrauja nestabili organinių junginių frakcija, padidėja vandenyje ištirpusio deguonies biocheminis suvartojimas, oksidacija ir anglies dioksido kiekis. Tai ypač būdinga vykdant intensyvią žuvininkystę. Auginant šaltamėges žuvis (peledes, upėtakius, muksunus ir kt.), biocheminiu požiūriu nestabilių organinių medžiagų gausa sukelia neigiamas pasekmes, nes šioms žuvų rūšims patinka švarus pratakus vanduo, kuriame daug deguonies.

Intensyvusis ir ekstensyvusis ūkininkavimo vandens telkiniuose metodai nulemia du skirtingus žuvų auginimo planavimo ir hidrocheminių tyrimų vykdymo būdus. Pirmuoju atveju atliekamas kiekybinis bioprodukcinis (biologinio našumo) procesų vertinimas pagal hidrocheminius rodiklius – tai bioproduktyvumo arba produktyvumo hidrochemija. O antruoju atveju atliekami hidrocheminiai stebėjimai siekiant aptikti produktyviausias pramoninės žuvų koncentracijos zonas ir rajonus – paieškų hidrochemija.

Šie du ūkininkavimo vandens telkiniuose metodai yra tarpusavyje susiję ir daro vienas kitam įtaką. Intensyvusis ir ekstensyvusis ūkininkavimo vandens telkiniuose metodai skiriasi tuo,

kad intensyviojo ūkininkavimo atveju pagrindinę reikšmę turi naudojamos materijos ir energijos balanso lygtys, o vykdant ekstensyvųjį ūkininkavimą – kokybinis gaunamų duomenų vertinimas.

Bet kokio vandens telkinio hidrocheminio režimo formavimasis yra susijęs su baseino plotu, bazinio paviršiaus (dirvožemio) savybėmis, vandens telkinio morfologija (plotu, vandens tūriu, dugno reljefu, vidutiniu ir maksimaliu gyliu, kranto linijos vingiuotumu) ir hidrologinėmis ypatybėmis (srovėmis, vandens apykaitos intensyvumu, maišymusi, vandens temperatūra, vandens spalva ir skaidrumu). Tarpusavyje susijusių abiotinių ir biotinių veiksnių poveikis ir žmogaus veikla sukelia reikšmingus ežerų, rezervuarų, tvenkinių ir kompleksinės paskirties vandens telkinių hidrocheminio režimo pakitimus.

Vykdam žuvininkystės tyrimus vidiniuose telkiniuose, taip pat organizuojant įvairių tipų žuvininkystės ūkius, hidrologinių ir hidrocheminių tyrimų metodika dideliuose ir mažuose vandens telkiniuose yra tokia pati, tačiau skiriasi analizės ir gaunamos informacijos apibendrinimo metodika, taip pat konkretaus vandens telkinio tyrimų planavimas ir vykdymas. Šie skirtumai priklauso nuo žuvininkystės ūkio tipo. Naudojant ekstensyvųjį būdą, taikomi paprastesni hidrochemijos metodai, naudojant intensyvųjį – produkcinės hidrochemijos metodai.

Didelių ežerų ir rezervuarų naudojimas žuvininkystei reikalauja žinių apie atsargų ir pramoninių žuvų rūšių sugavimo pokyčių priežastis kas dvejus metus ir ilgalaikėje perspektyvoje, taip pat būtina žinoti stabilių pramoninių sankaupų susidarymo vietas skirtingais metų laikais. Šiuo tikslu pakanka reguliariai stebėti vandens spalvą ir skaidrumą, deguonies ir biogeninių elementų, anglies dioksido kiekius, pH lygį. Druskos sudėties komponentų nustatymas naudojamas tik kaip papildomas kriterijus išaiškintai situacijai patvirtinti. Pagal hidrocheminius rodiklius galima aptikti didesnio produktyvumo zonas ir taršos zonas, nustatyti pramoninių rūšių žuvų atsargų kitimo priežastis.

Vykdam intensyviąją žuvininkystę hidrocheminių analizių rezultatai naudojami nustatant trąšų pylimo į vandenį kiekius ir laiką, prognozuojant dusimo reiškinius ir kuriant priemones jiems pašalinti. Vykdam intensyviąją žuvininkystę didelę reikšmę turi duomenys apie paros dujų režimo eigą, biocheminį deguonies suvartojimą ir oksidaciją, pirminę produkciją ir vietinės kilmės organinės medžiagos destrukciją. Deguonies perteklius vandenyje yra svarbiausias fotosintezės intensyvumo rodiklis, o deguonies ir anglies dioksido santykio dydis parodo oksidacijos ir redukcijos procesų pusiausvyrą bei leidžia nustatyti vieno ar kitų intensyvinimo priemonių pratęsimo tikslingumą. Tikslesnes išvadas galima padaryti apskaičiuojant biotinį balansą ir organinės medžiagos balansą konkrečiam vandens telkiniui. Šie rodikliai naudojami ir kaip taršos lygio kriterijai.

Žuvininkystės hidrochemija – bioprodukcinė hidrochemijos šaka, nagrinėjanti gamtos vandenų hidrocheminės sudėties pokyčių laike ir erdvėje dėsninumus, vykstančius veikiant

biotiniams (hidrobiontų gyvybinės veiklos procesų) ir antropogeniniams (taršos ir kryptingos eutrofikacijos) veiksniams. Žuvininkystės hidrochemijos pagrindinė užduotis yra sukurti mokslinį pagrindą bioprodukcijos valdymui, jos didinimo priemones, išaiškinti antropogeninės taršos naudojimo ir jos pasekmių prevencijos mechanizmą.

## 1 SKYRIUS. VANDENS TIRPALŲ FIZIKINIAI IR CHEMINIAI PAGRINDAI

### 1.1. poskyris. Bendrosios nuostatos

**Tirpalai** yra homogeninės (vienalytės) sistemos, kurių sudėtyje yra daugiau nei dvi medžiagos. Gali egzistuoti kietųjų, skystųjų ir dujinių medžiagų tirpalai skystuose tirpikliuose, taip pat kietųjų, skystųjų ir dujinių medžiagų mišiniai (tirpalai). Paprastai, perteklinė ir tos pačios agregatinės būsenos kaip ir tirpalas medžiaga vadinama tirpikliu, o komponentas, kurio kiekis mažesnis, – ištirpusia medžiaga. Pagal tirpalo agregatinę būseną išskiriami dujiniai, skystieji ir kietieji tirpalai.

Tirpstant tirpstančios medžiagos dalelės (jonai ir molekulės), veikiamos chaotiškai judančių tirpiklio dalelių, susimaišo tirpale, taip dėl netvarkingo dalelių judėjimo sudarydamos kokybiškai naują vienarūšę sistemą. Įvairių medžiagų gebėjimas sudaryti tirpalus yra išreiškiamas skirtingais laipsniais. Vienos medžiagos gali susimaišyti su kitomis bet kokių santykiu (pvz., vanduo ir alkoholis), o kitos – ribotu (pvz., natrio chloridas ir vanduo).

Molekulinės kinetikos teorijos požiūriu medžiagos tirpimas skystyje vyksta taip: į vandenį įpylus kokios nors kietos medžiagos, pavyzdžiui, maistinės druskos, jos paviršiuje esančios  $\text{Na}^+$  ir  $\text{Cl}^-$  jonų dalelės dėl virpamojo judėjimo, sustiprėjančio susiduriant su tirpiklio dalelėmis, gali atsiskirti ir ištirpti tirpiklyje. Kai pašalinamas paviršinis sluoksnis, šis procesas išplinta į kitus dalelių sluoksnius, atsidengiančius druskos kristale. Taip palaipsniui dalelės, sudarančios kristalą (jonai ar molekulės), tirpsta tirpale. Taip vyksta  $\text{NaCl}$  jonų kristalinės gardelės ardymas tirpstant vandenyje, sudarytame iš poliarinių molekulių. Tirpstant medžiagoms, kurių kristalų sudėtyje nėra jonų, pvz. sacharozei, tirpale tirpsta neutralios molekulės.

Į tirpalą perėjusios dalelės dėl difuzijos pasklinda po visą tirpalo tūrį. Kita vertus, didėjant koncentracijai, dalelės (jonai, molekulės), kurios nuolat juda, susidurdamos su kietu dar neištirpusios medžiagos paviršiumi, gali užsilaikyti joje. Tirpimą visą laiką lydi priešingas reiškinys – kristalizacija. Gali susiklostyti taip, kad vienu metu iš tirpalo išsiskirs tiek pat dalelių (jonų, molekulių), kiek ir ištirpsta tirpale – nusistovės pusiausvyra.

Pagal vyraujančių dalelių, ištirpstančių tirpale arba pasišalinančių iš jo, kiekio santykį išskiriami tokie tirpalai: **prisotinti**, **neprisotinti** ir **persotinti**. Pagal santykinius ištirpusios medžiagos ir tirpiklio kiekius tirpalai skirstomi į **praskiestus** ir **koncentruotus**.

Tirpalas, kuriame tam tikra medžiaga esant nurodytai temperatūrai daugiau nebetirpsta (t.y. tirpalas, esantis pusiausvyroje su tirpstančiąja medžiaga), vadinamas prisotintu, o tirpalas, kuriame dar galima ištirpinti papildomą medžiagos kiekį, – neprisotintu.

Prisotinto tirpalo sudėtyje yra maksimalus galimas (esamomis sąlygomis) ištirpusios medžiagos kiekis. Tam tikros medžiagos prisotinto tirpalo koncentracija (tirpumas) griežtai nustatytomis sąlygomis (temperatūros, tirpiklio) yra pastovus dydis.

Tirpalas, kurio sudėtyje ištirpusios medžiagos kiekis didesnis, negu jo gali būti nustatytomis sąlygomis prisotintame tirpale, vadinamas persotintu. Persotinti tirpalai yra nestabilios, nepusiausvyros sistemos, kuriose stebimas savaiminis perėjimas į pusiausvyros būseną. Kartu išsiskiria ištirpusios medžiagos perteklius ir tirpalas tampa prisotintu.

Prisotintų ir neprisotintų tirpalų nereikėtų painioti su **praskiestais** ir **koncentruotais**. Praskiesti tirpalai – tai tirpalai su nedideliu ištirpusios medžiagos kiekiu. Koncentruoti tirpalai – tai tirpalai su dideliu ištirpusios medžiagos kiekiu. Reikia pabrėžti, kad sąvokos praskiestas ir koncentruotas tirpalas yra santykinės, išreiškiančios tik ištirpusios medžiagos ir tirpiklio kiekių santykį tirpale. Prisotinti mažai tirpių medžiagų tirpalai yra praskiesti, o gerai tirpstančių medžiagų tirpalai, nors ir neprisotinti, yra gana koncentruoti.

Priklausomai nuo to, ar tirpalo komponentės sudarytos iš elektriškai neutralių, ar iš įkrautų dalelių, tirpalai skirstomi į **molekulinius (neelektrolitų)** tirpalai ir **joninius (elektrolitų)** tirpalai). Viena iš elektrolitų tirpalams būdingų ypatybių yra jų laidumas elektros srovei. Medžiagos tirpaluose arba lydiniuose, skylančios į jonus, yra laidžios elektros srovei, todėl vadinamos **elektrolitais**. Medžiagos, kurios tomis pačios sąlygomis neskyla į jonus ir yra nelaidžios elektros srovei, vadinamos **neelektrolitais**.

Prie elektrolitų priskiriamos rūgštys, bazės ir beveik visos druskos, o prie neelektrolitų – dauguma organinių junginių, taip pat medžiagos, kurių molekulėse yra tik kovalentiniai nepoliariniai arba mažapoliariai ryšiai.

Elektrolitai – antrosios rūšies laidininkai (pirmosios rūšies laidininkai – tai metalai). Tirpale arba lydinyje jie skyla į **jonus**, todėl ir gali tekėti srovė. Akivaizdu, kad kuo jonų daugiau tirpale, tuo geresnis yra jo elektrinis laidumas. Grynas vanduo yra labai mažai laidus elektros srovei. Elektrolitų skilimas į jonus, ištirpdžius juos vandenyje, vadinamas **elektrolitine disociacija**.

Natrio chloridas NaCl, tirpdamas vandenyje, visiškai suskyla į natrio Na<sup>+</sup> ir chloro Cl<sup>-</sup> jonus. Vandenyje susidaro tik nedideli vandenilio H<sup>+</sup> ir hidroksido OH<sup>-</sup> jonų kiekiai.



Būna stiprūs ir silpni elektrolitai.

**Stiprūs elektrolitai**, tirpdami vandenyje, praktiškai visiškai disocijuoja (skyla) į jonus. Prie jų priskiriamos:

- 1) beveik visos druskos, pavyzdžiui, natrio chloridas ir kalio chloridas;
- 2) daugelis mineralinių rūgščių, pavyzdžiui, sieros, azoto ir vandenilio chlorido.
- 3) šarminių ir šarminių žemės metalų bazės, pavyzdžiui, natrio, kalio ir kalcio hidroksidas.

**Silpni elektrolitai**, tirpdami vandenyje, tik iš dalies disocijuoja į jonus. Prie jų priskiriamos:

- 1) beveik visos organinės rūgštys, pavyzdžiui, acto arba askorbo;
- 2) kai kurios mineralinės rūgštys, pavyzdžiui, anglies arba sieros vandenilio rūgštys;
- 3) daugelis metalų bazių (išskyrus šarminių ir šarminių žemės metalų) ir tos, kurias galima pavaizduoti kaip amoniako hidratą.

Prie silpnų elektrolitų priskiriamas ir vanduo. Silpni elektrolitai negali sukurti didelės jonų koncentracijos tirpale.

## 1.2. poskyris. Elektrolitinė disociacija

Siekiant paaiškinti vandens tirpalų elektrolitų ypatumus, švedų mokslininkas S. Arenijus (Arrhenius) 1887 m. pasiūlė elektrolitinės disociacijos teoriją. Toliau ją kūrė daugelis mokslininkų, remdamiesi mokymu apie atomų sandarą ir cheminius ryšius. Šiuolaikinį šios teorijos turinį galima pateikti šiais trimis teiginiais:

1. Elektrolitai, tirpdami vandenyje, skyla (disocijuoja) į jonus – teigiamus ir neigiamus. Jonų elektroninės būsenos yra stabilesnės nei atomų. Jie gali būti sudaryti iš vieno atomo – tai paprastieji jonai ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cl}^-$  ir pan.), arba iš kelių atomų – tai sudėtiniai jonai ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ir pan.).

2. Veikiant elektros srovei jonai pradeda judėti kryptingai: teigiamai įelektrinti jonai juda prie katodo (neigiamai įelektrinto elektrodo), neigiamai įelektrinti – prie anodo (teigiamai įelektrinto elektrodo). Todėl pirmieji vadinami *katijonais*, antrieji – *anijonais*.

Kryptingas jonų judėjimas vyksta dėl priešingai įelektrintų jonų traukos.

3. Disociacija – grįžtamasis procesas: kartu su molekulių skilimu į jonus (disociacija) vyksta jonų jungimosi procesas (asociacija).

Todėl elektrolitinės disociacijos lygtyse vietoje lygybės ženklo rašomas grįžtamumo ženklas.



Lengviausiai disocijuoja medžiagos, turinčios joninį ryšį. Kaip žinia, šios medžiagos yra sudarytos iš jonų. Joms tirpstant vandens dipoliai orientuojami apie teigiamus ir neigiamus jonus. Tarp jonų ir vandens dipolių kyla tarpusavio traukos jėgos, dėl to susilpnėja ryšys tarp jonų, vyksta jonų perėjimas iš kristalo į tirpalą. Kartu susidaro hidratuoti jonai, t.y. jonai, cheminiu ryšiu susiję su vandens molekulėmis.

Panašiai disocijuoja ir elektrolitai, kurių molekulės sudarytos poliariniu kovalentiniu ryšiu (poliarinės molekulės, sujungiančios nesujungiamas medžiagas). Aplink kiekvieną medžiagos poliarinę molekulę kaupiasi ir vandens dipoliai, kurie savo neigiamais poliais pritraukiami prie teigiamo molekulės poliaus, o teigiamais poliais – prie neigiamo poliaus. Dėl šios sąveikos jungiantis elektronų debesis (elektronų pora) visiškai persislenka prie atomo su didesniu elektroneigiamumu, ir poliarinė molekulė pavirsta į joninę, o paskui lengvai susidaro hidratuoti („vandeningi“) jonai. Poliarinių molekulių disociacija gali būti visiška arba dalinė.

Taigi elektrolitai – tai junginiai su joniniu arba poliariniu ryšiu. Tai – druskos, rūgštys ir bazės. Disocijuoti į jonus jos gali poliariniuose tirpikliuose (ypač vandenyje).

Rūgštys, bazės ir druskos yra aprašomos ir apibūdinamos remiantis elektrolitinės disociacijos teorija.

**Rūgštys** – tai elektrolitai, kuriems disocijuojant susidarantys katijonai yra tik vandenilio katijonai. Daugiabazės rūgšties pirmojo laipsnio disociacija yra stipriausia, antrojo laipsnio – silpnesnė, o trečiajame laipsnyje disocijuoja tik nežymi dalis. Todėl, pavyzdžiui, fosforo rūgšties vandens tirpale kartu su  $H_3PO_4$  molekulėmis yra ir (nuosekliai mažėjančiais kiekiais)  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$  ir  $PO_4^{3-}$  jonai.

**Bazės** – tai elektrolitai, kuriems disocijuojant susidarantys anijonai yra tik hidroksido jonai.

Vandenyje tirpios bazės vadinamos šarminėmis. Jų yra nedaug. Tai šarminių ir šarminių žemės metalų bazės, pavyzdžiui,  $LiOH$ ,  $NaOH$ ,  $KOH$ ,  $Ca(OH)_2$  ir  $NH_4OH$ . Dauguma bazių vandenyje yra mažai tirpios.

Bazės rūgštingumas nustatomas pagal jos hidroksilo grupių skaičių. Pavyzdžiui,  $NaOH$  – bazė su viena rūgšties grupe,  $Ca(OH)_2$  – su dviem,  $Fe(OH)_3$  – su trimis ir pan. Bazės su dviem ir daugiau rūgščių grupių disocijuoja laipsniais.

Tačiau yra elektrolitų, kuriuose vykstant disociacijai kartu suformuojami ir vandenilio katijonai, ir hidroksido jonai. Šie elektrolitai vadinami **amfoteriniais** arba **amfolitais**. Prie jų priskiriami vanduo, cinko, aliuminio hidroksidai ir kitos medžiagos. Tokiuose elektrolituose yra vienodai išreikštos ir rūgštinės savybės, kurias nulemia vandenilio katijonai  $H^+$ , ir šarminės savybės, kurias nulemia jonai  $OH^-$ .

**Druskos** – tai elektrolitai, kuriems disocijuojant susidaro metalų katijonai ir amonio katijonas ( $\text{NH}_4^+$ ), bei rūgštinių liekanų anijonai. Taip disocijuoja normaliosios druskos. Rūgštinės ir bazinės druskos disocijuoja laipsniais. Disocijuojant rūgštinėms druskoms iš pradžių atsiskiria metalų jonai, o paskui – vandenilio katijonai. Bazinėse druskose iš pradžių atsiskiria rūgštinės liekanos, o paskui hidroksido jonai.

**Rūgščių bazingumas** apibūdinamas vandenilio katijonų skaičiumi, kurie susidaro vykstant disociacijai. HCl,  $\text{HNO}_3$  yra vienprotonės rūgštys, kadangi susidaro vienas vandenilio katijonas,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – dviprotonės, o  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – triprotonė, kadangi susidaro, atitinkamai, du ir trys vandenilio katijonai. Iš keturių vandenilio atomų, esančių acto rūgšties  $\text{CH}_3\text{COOH}$  molekulėje, tik vienas, įeinantis į karboksilo grupę – COOH, gali atsiskirti kaip katijonas  $\text{H}^+$ , – todėl acto rūgštis yra vienprotonė.

Dviejų ir daugiau protonų rūgštys disocijuoja pakopomis (palaispniui).

Kadangi elektrolitinė disociacija yra grįžtamasis procesas, tai elektrolitų tirpaluose kartu su jų jonais yra ir molekulių. Todėl elektrolitų tirpalai apibūdinami disociacijos laipsniu (žymimu graikiška raide alfa,  $\alpha$ ). Disociacijos laipsnis – tai suskilusių į jonus molekulių skaičiaus  $N'$  santykis su bendru ištirpusių molekulių skaičiumi  $N$ .

Elektrolito disociacijos laipsnis nustatomas bandymais ir išreiškiamas nuo 0 iki 1 arba procentais. Jeigu  $\alpha = 0$ , tai disociacija nevyksta, o jeigu  $\alpha = 1$  arba 100%, tai elektrolitas visiškai suskyla į jonus. Jeigu  $\alpha = 20\%$ , tai reiškia, kad iš 100 elektrolito molekulių 20 suskilo į jonus.

Skirtingi elektrolitai pasižymi skirtingu disociacijos laipsniu. Patirtis rodo, kad jis priklauso nuo elektrolito koncentracijos ir temperatūros. Sumažėjus elektrolito koncentracijai, t.y. praskiedus jį vandeniu, disociacijos laipsnis visada padidėja. Paprastai ir temperatūros padidėjimas sukelia disociacijos laipsnio padidėjimą. Pagal disociacijos laipsnį elektrolitai skirstomi į stiprius ir silpnus.

Acto rūgšties tirpalą praskiedus vandeniu, pusiausvyra persislinks į jonų pusę, – disociacijos laipsnis padidėja. Priešingai, garinant tirpalą, pusiausvyra persislinks į rūgšties molekulių susidarymo pusę – disociacijos laipsnis sumažėja.

Pagal elektrolitinės disociacijos teoriją visos reakcijos vandens tirpaluose vyksta tarp jonų. Jos vadinamos joninėmis reakcijomis, o šių reakcijų lygtys – joninėmis lygtimis. Jos paprastesnės nei reakcijų lygtys, užrašytos molekulinėje formoje, ir yra labiau bendro pobūdžio.

Nagrinėjant jonines reakcijų lygtis reikia žinoti, kad mažai disocijuojančios, mažai tirpstančios (iškrentančios nuosėdomis) ir dujinės medžiagos yra užrašomos molekuline forma. Ženklas „↓“, esantis prieš medžiagos formulę, reiškia, kad ši medžiaga išeina iš reakcijos zonos nuosėdų pavidalu, ženklas „↑“ reiškia, kad medžiaga iš reakcijos zonos pasišalina dujiniu pavidalu.

Stiprūs elektrolitai, kaip visiškai disocijavę, užrašomi jonais. Lygties kairės pusės krūvių suma turi būti lygi dešinėsios pusės krūvių sumai.

Joninėmis lygtimis galima užrašyti bet kokias reakcijas, vykstančias tirpaluose tarp elektrolitų. Jeigu vykstant tokioms reakcijoms nevyksta jonų krūvių pokyčiai (nesikeičia jų oksidacijos laipsnis), tai jie vadinami jonų mainų reakcijomis.

### 1.3. poskyris. Vandens joninė sandauga. Tirpalo pH

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

Disocijuojant vandeniui kiekvienam  $H^+$  jonui susidaro vienas  $OH^-$  jonas, vadinasi, švariame vandenyje šių jonų koncentracijos yra vienodos:  $[H^+] = [OH^-]$ . Tokios yra jonų  $H^+$  ir  $OH^-$  koncentracijos švariame vandenyje. Panagrinėkime, kaip pasikeis koncentracija pridėjus kitų medžiagų, pavyzdžiui, druskos rūgšties, kuri vandenyje disocijuoja į  $H^+$  ir  $Cl^-$  jonus.

Jonų  $H^+$  koncentracija tirpale pradės didėti, tačiau vandens joninė sandauga nuo koncentracijos nepriklauso – tokiu atveju sumažėja  $[OH^-]$  koncentracija. Priešingai, į vandenį pridėjus bazės,  $[OH^-]$  koncentracija padidės, o  $[H^+]$  sumažės.  $[H^+]$  ir  $[OH^-]$  koncentracijos tarpusavyje susijusios: kuo didesnis vienas dydis, tuo mažesnis kitas, ir priešingai.

Tirpalų rūgštingumas paprastai išreiškiamas  $H^+$  jonų koncentracija. Rūgščiuose tirpaluose  $[H^+] > 10^{-7}$  mol/l, neutraliuose  $[H^+] = 10^{-7}$  mol/l, šarminiuose  $[H^+] < 10^{-7}$  mol/l. Kad nereikėtų rašyti skaičiaus su laipsnio rodikliu, tirpalo rūgštingumas dažnai išreiškiamas vandenilio jonų koncentracijos neigiamu logaritmu (mol/l). Šis dydis vadinamas vandenilio rodikliu ir nurodo pH.

pH dydį pirmą kartą įvedė danų chemikas S.Siorensonas (S.Sørensen). Raidė „p“ – pirmoji daniško žodžio „potenz“ (laipsnis) raidė, „H“ – vandenilio simbolis. Rūgščiuose tirpaluose  $pH < 7$ , neutraliuose  $pH = 7$ , baziniuose  $pH > 7$ .

### 1.4. poskyris. Tirpalų koncentracijos išraiškos būdai

**Koncentracija** – dydis, apibūdinantis tirpalo kiekybinę sudėtį.

Pagal IUPAC (Tarptautinės grynosios ir taikomosios chemijos sąjungos) taisykles, ištirpusios medžiagos (ne tirpalo) koncentracija vadinamas ištirpusios medžiagos kiekio arba jo masės santykis  $\kappa$  su tirpalo tūriu (mol/l, g/l), t.y. šis santykis yra tarp nevienarūšių dydžių. Tuos dydžius, kurie yra vieno tipo dydžių santykiai (ištirpusios medžiagos masės ir tirpalo masės santykis, ištirpusios medžiagos tūrio ir tirpalo tūrio santykis), reikėtų vadinti „*dalimis*“. Tačiau



praktikoje abiejų tipų išraiškoms naudojamas terminas „koncentracija“ ir kalbama apie tirpalų koncentraciją. Egzistuoja keli tirpalų koncentracijos išraiškos būdai.

**Masės dalis** – ištirpusios medžiagos masės ( $m_X$ ) ir tirpalo masės ( $m$ ) santykis. Masės dalis matuojama nuo 0 iki 1 arba procentais:

Binario tirpalo (sudaryto iš dviejų komponentų – tirpiklio S ir ištirpusios medžiagos X) masės dalis išreiškiama nuo 0 iki 1 arba procentais (pavyzdžiui:  $\omega = 0,01$ , arba  $\omega = 1\%$ ).

Binariuose tirpaluose dažnai tirpalo **tankis reiškiamas atitinkamu santykiu** ( $\rho$  – tirpalo masės santykis su jo užimamu tūriu,  $\text{g/cm}^3$  arba  $\text{kg/m}^3$ ). Tai suteikia galimybę praktiškai nustatyti svarbių tirpalų koncentraciją densitometru (alkoholio matuokliu, gliukozės matuoliu gliukometru, laktozės matuoliu laktometru). Kai kurie aerometrai (matavimo prietaisai) yra sugraduoti ne pagal tūrio reikšmes, o tiesiogiai pagal tirpalo koncentraciją (alkoholio, riebalų piene, cukraus). Dažnai, koncentracijai išreikšti (pavyzdžiui, sieros rūgšties elektrolite akumuliatoriuje) naudojamas tiesiog jų tankis. Paplitę aerometrai (densitometrai), skirti nustatyti medžiagų tirpalų koncentraciją.

**Tūrio dalis** – ištirpusios medžiagos tūrio santykis su tirpalo tūriu. Tūrio dalis išreiškiama nuo 0 iki 1 arba procentais.

Kaip buvo nurodyta aukščiau, egzistuoja aerometrai, skirti nustatyti tam tikrų medžiagų tirpalų koncentraciją. Tokie aerometrai sugraduoti ne pagal tankio reikšmes, o tiesiogiai pagal tirpalo koncentraciją. Paplitusių etilo alkoholio tirpalų, kurių koncentracija paprastai išreiškiama tūrio procentais, aerometrai buvo pavadinti **alkoholio matuokliais** arba **andrometrais**.

**Molingumas (molinė tūrinė koncentracija)** – ištirpusios medžiagos kiekis (molių skaičius) tirpalo tūrio vienetu. Molinė koncentracija SI sistemoje matuojama  $\text{mol/m}^3$ , tačiau praktikoje ji žymiai dažniau išreiškiama  $\text{mol/l}$  arba  $\text{mmol/l}$ . Taip pat paplitusi „molingumo“ sąvoka. Galimas ir kitoks molinės koncentracijos  $C_M$  žymėjimas – ją priimta žymėti M. Taigi tirpalas, kurio koncentracija lygi  $0,5 \text{ mol/l}$ , vadinamas  $0,5$  moliniu, arba  $0,5 \text{ M}$ .

Molinės koncentracijos dydis priklauso nuo temperatūros pakitus tirpalo kiekiui. **Molis** yra medžiagos kiekis, kuriame yra tiek pat sudėtinių elementų, kiek yra atomų  $0,012 \text{ kg}$  anglies  $^{12}\text{C}$  izotope.

Taikant molį tirpalo koncentracijai nurodyti, turi būti nurodyti sudėtiniai elementai ir jais gali būti atomai, molekulės arba jonai.

Iš molio apibrėžimo aišku, kad anglies  $^{12}\text{C}$  molio masė lygi tiksliai  $12 \text{ g/mol}$ . Konkrečių struktūrinių elementų kiekis viename medžiagos molyje vadinamas **Avogadro konstanta (Avogadro skaičiumi)**, kuris paprastai žymimas  $N_A$ . Taigi  $0,012 \text{ kg}$  anglies  $^{12}\text{C}$  masėje yra  $N_A$  atomų. Avogadro skaičiaus reikšmė yra  $6,02214129(27) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

1/12 anglies  $^{12}\text{C}$  atomo masės yra vadinama atominiu masės vienetu (žymimu a. m. v.). Toliau seka, kad  $1 \text{ a. m. v.} = 0,001/N_{\text{A}} \text{ kg}$ . Iš a. m. v. apibrėžimo matyti, kad medžiagos molio masė, išreikšta gramais molyje, skaitine reikšme lygi šios medžiagos molekulės masei, išreikštai atominiais masės vienetais.

Medžiagos *molinė masė* – tai medžiagos vieno molio masė. Atskirų cheminių elementų molinė masė yra šio elemento vieno molio atskirų atomų masė. Tokiu atveju elemento molinė masė, išreikšta g/mol, skaitiškai sutampa su *elemento atomo mase*, išreikšta a. m. v. (atominiais masės vienetais). Tačiau reikia aiškiai suprasti skirtumą tarp molinės masės ir molekulinės masės, suprantant, kad jos lygios tik skaitiškai ir skiriasi pagal dydį.

Sudėtingų molekulių molines mases galima nustatyti sudedant į jų sudėtį įeinančių elementų molines mases. Šios masės yra nurodytos periodinėje Mendelejevo elementų sistemoje, o praktikoje jos yra apvalinamos iki sveikų skaičių arba dešimtųjų dalių.

Atitinkamai šių jonų koncentracijos bus išreikštos h-jonų/l arba kaip ir neutralioms dalelėms mol/l.

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

*Molinė medžiagos ekvivalentų koncentracija (normalinė koncentracija)* – tai medžiagos ekvivalentų kiekis 1 l tirpalo. Normalinė koncentracija išreiškiama mol-ekv/l arba g-ekv/l (turimas omenyje ekvivalentų molis). Tokių tirpalų koncentracijoms užrašyti naudojami sutrumpinimai „n“ arba „N“. Pavyzdžiui, tirpalas, kurio sudėtyje yra 0,1 mol-ekv/l, vadinamas decinormalinis ir užrašomas 0.1 n, arba 0.1 N.

Ekvivalentu dažnai vadinamas *medžiagos ekvivalentų kiekis* arba *ekvivalentinis medžiagos kiekis* – medžiagos molių skaičius, ekvivalentiškas vienam moliui vandenilio katijonų nagrinėjamoje reakcijoje.

*Molingumas (molinė svorio koncentracija, molialinė koncentracija)* – ištirpusios medžiagos kiekis (molių skaičius) 1000 g tirpiklio.

Nors pavadinimai panašūs, bet molinė koncentracija ir molialumas yra skirtingi dydžiai. Skirtingai nuo molinės koncentracijos, koncentraciją išreiškiant molialumu skaičiuojant naudojama tirpiklio masė, o ne tirpalo tūris. Molialumas, skirtingai nuo molinės koncentracijos, nepriklauso nuo temperatūros.

*Tirpalo titras* – ištirpusios medžiagos masė 1 ml tirpalo.

*Masės ir tūrio procentai* atitinka masės santykį tarp vienos medžiagos dalies (pavyzdžiui, 1 g) ir 100 dalių tirpalo tūrio (pavyzdžiui, 100 ml). Šis išraiškos būdas naudojamas, pavyzdžiui,

kai yra nežinoma medžiagos molinė masė arba nežinoma mišinio sudėtis, taip pat kartais farmakopėjinėje<sup>1</sup> analizėje.

### ***Kiti koncentracijos išraiškos būdai***

Egzistuoja ir kiti, paplitę tam tikrose žinių arba technologijų srityse, koncentracijos išraiškos būdai. Hidrochemijoje dažnai naudojama **masinė koncentracija**, lygi ištirpusios medžiagos masei 1 l tirpalo (paprastai mg/l arba g/l). Tačiau ruošiant kalibruotus (kontrolinius) tirpalus jonometrijai vis tik patogiau naudoti molinę koncentraciją, kadangi kartu galima lengvai pritaikyti praskiedimo metodą.

Ruošiant rūgščių tirpalus dažnai nurodoma, kiek vandens tūrio dalių tenka vienai koncentruotos rūgšties daliai (pavyzdžiui, 1:3). Oro taršos koncentracija išreiškiama dalimis milijonui (ppm — dalelių skaičius milijonui). Kartais taip pat naudojamas masių santykis (ištirpusios medžiagos masės santykis su tirpiklio mase) ir tūrių santykis (analogiškai, ištirpusios medžiagos tūrio santykis su tirpiklio tūriu).

Labai dažnai prisotinimo koncentracija kartu su aukščiau nurodytomis charakteristikomis išreiškiama vadinamuoju tirpumo koeficientu arba tiesiog medžiagos tirpumu.

Medžiagos, sudarančios prisotintą tirpalą esant tam tikrai temperatūrai, masės ( $m_{XS}$ ) santykis su tirpiklio mase ( $m_S$ ) vadinamas tirpumo koeficientu.

Medžiagos tirpumas  $s$  parodo maksimalią medžiagos masę, kuri gali ištirpti 100 g tirpiklio.

### ***Koncentracijos išraiškos būdų taikymas***

Remiantis tuo, kad molialumas – tai masės dalis, molinė dalis neapima tūrio reikšmės, tokių tirpalų koncentracija nekinta keičiantis temperatūrai. Molialumas, tūrio dalis, titras keičiasi kintant temperatūrai, kadangi kartu keičiasi tirpalų tūris. Būtent molialumas naudojamas tirpalų virimo temperatūros didinimo ir užšalimo temperatūros mažinimo formulėse.

Skirtingi tirpalų koncentracijos išraiškos būdai taikomi skirtingose veiklos srityse, atsižvelgiant į patogesnę nurodytos koncentracijos tirpalų ruošimą. Taigi tirpalo titrą yra patogu naudoti analitinėje chemijoje nustatant medžiagų kiekį tam tikrame tirpalo tūryje.

## **1.5. poskyris. Raulio dėsniai**

Raulio dėsniai yra bendri kiekybiniai dėsniumai, aprašantys tam tikras tirpalų savybes, kurios priklauso nuo koncentracijos, bet ne nuo ištirpusios medžiagos rūšies.

<sup>1</sup> Farmakopėja – bendrųjų nuostatų ir įteisintų paskelbtų normatyvinių reikalavimų vaistinių medžiagų bei vaistinių preparatų pavadinimams, savybėms, tapatybės nustatymui, grynymui, kiekybiniam nustatymui, laikymo sąlygoms, ženklinimui ir bendriesiems kontrolės metodams rinkinys.



***1-asis dėsnis*** taikomas binariniam tirpalui, sudarytam iš komponentų A (ištirpusios medžiagos) ir S (tirpiklio):

***santykiniis tirpiklio garų parcialinio slėgio<sup>2</sup> sumažėjimas tirpalo paviršiuje nepriklauso nuo ištirpusios medžiagos ir lygus jo molinei daliai tirpale.***

Tirpalai, kurių komponentai labai skiriasi savo fizikinėmis ir cheminėmis savybėmis, paklūsta Raulio dėsniui tik esant labai mažoms koncentracijoms; esant didelėms koncentracijoms pastebimi nukrypimai nuo Raulio dėsnio.

Iš pirmojo Raulio dėsnio galima padaryti dvi išvadas, susijusias su užšalimo temperatūros sumažėjimu ir virimo temperatūros padidėjimu tų tirpalų, kurie bendrąja forma išreiškiami antruoju Raulio dėsniu:

***be galo praskiestų tirpalų kristalizacijos (užšalimo) temperatūros sumažėjimas nepriklauso nuo ištirpusios medžiagos ir tiesiogiai proporcingas tirpalo molialinei koncentracijai.***

Kadangi vykstant tirpalo tirpiklio kristalizacijai tirpalo koncentracija didėja, tirpalai neturi nustatytos užšalimo temperatūros ir kristalizuojasi tam tikrame temperatūrų intervale.

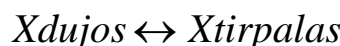
Be galo praskiestų nelakių medžiagų tirpalų virimo temperatūros padidėjimas nepriklauso nuo ištirpusios medžiagos ir tiesiogiai proporcingas tirpalo molialinei koncentracijai.

Raulio dėsniai netinka elektrolitų tirpalams (net ir be galo praskiestiems). Siekiant atsižvelgti į šiuos nuokrypius olandų chemikas J. H. van't Hoffas į aukščiau pateiktas lygtis įvedė pataisymą — izotoninį koeficientą  $i$ , įvertinantį ištirpusios medžiagos molekulių disociaciją. Negalėjimas pritaikyti Raulio dėsnio ir Van't Hoffo principo elektrolitiniams tirpalams tapo švedų chemiko S. A. Arenijaus (Arrhenius) elektrolitinės disociacijos teorijos atspirties tašku.

## 1.6. poskyris. Dujų tirpumas skysčiuose

Skysčiuose tirpstant dujoms beveik visada išsiskiria šiluma. Todėl dujų tirpumas, didėjant temperatūrai pagal Le Šateljė (Le Chatelier) principą, mažėja. Šis dėsningumas yra dažnai naudojamas norint pašalinti vandenyje ištirpusias dujas (pavyzdžiui, CO<sub>2</sub>) virinant. Kartais dujų tirpimas vyksta sunaudojant šilumą (pavyzdžiui, inertinių dujų tirpimas kai kuriuose organiniuose tirpikliuose). Tokiu atveju temperatūros didinimas padidina dujų tirpumą.

Dujų tirpimas skystyje yra ribotas. Prie tam tikros dujų X koncentracijos nusistovi pusiausvyra:



<sup>2</sup> Parcialinis slėgis – dujų mišinio vieno komponento slėgis.



Dujoms tirpstant skystyje vyksta reikšmingas sistemos tūrio sumažėjimas. Todėl slėgio padidėjimas pagal Le Šateljė principą turi sukelti pusiausvyros persislinkimą į dešinę, t.y. dujų tirpumo padidėjimą. Jeigu duotajame skystyje dujos mažai tirpios ir slėgis yra nedidelis, tai dujų tirpumas proporcingas jų slėgiui. Ši priklausomybė išreiškiama Henrio dėsnio: *dujų kiekis, ištirpęs prie duotosios temperatūros tam tikrame skysčio tūryje esant pusiausvyrai, tiesiogiai proporcingas dujų slėgiui.*

Henrio dėsnis teisingas tik santykinai praskiestiems tirpalams, esant nedideliems slėgiams ir nesant cheminės sąveikos tarp tirpstančių dujų molekulių ir tirpiklio.

Henrio dėsnis yra Daltono dėsnio atskiras atvejis. Jeigu kalbama ne apie vienos dujinės medžiagos, o dujų mišinio tirpimą, tai kiekvieno komponento tirpumas paklūsta Daltono dėsnio: *prie pastovios temperatūros kiekvieno dujų mišinio komponento tirpumas proporcingas parcialiniam komponento slėgiui į skysčio paviršių ir nepriklauso nuo bendro mišinio slėgio ir kitų komponentų.*

Kitaip sakant, dujų mišiniui tirpstant skystyje į matematinę Henrio dėsnio išraišką įstatomas parcialinis  $P_i$  duotojo komponento slėgis.

Parcialinis komponento slėgis yra komponento slėgio dalis bendrame dujų mišinyje:

$$P_i = P_0 \cdot X_i$$

kur  $P_i$  – parcialinis komponento slėgis  $i$ ;

$P_0$  – bendras dujų mišinio slėgis;

$X_i$  – molinė  $i$ -ojo komponento dalis.

## 2 SKYRIUS. ŽUVŲ MEDŽIAGŲ APYKAITOS YPATUMAI IR JOS SĄVEIKA SU GYVENAMĄJA APLINKA

Žuvų gyvybingumas ir medžiagų apykaitos intensyvumas yra neatsiejamai susiję su vandeniu. Jų organizmai prisitaikę ne tik prie vandens aplinkos, bet ir prie fizikinių – cheminių savybių. Pagrindiniai žuvų mitybos komponentai yra baltymai, riebalai ir angliavandeniai. Pasisavinant juos sudėtingos medžiagos paverčiamos į paprastus, tinkamus absorbcijai komponentus, o nesuvirškinti maisto likučiai išskiriami į išorinę aplinką, kur sudaro vandens telkinio organinės medžiagos dalį ir įsilieja į cheminių elementų grandinę. Schematiškai šis biologinis ciklas atrodo taip: natūraliomis sąlygomis organinės medžiagos, likusios vandenyje kaip negyvų augalų ir gyvūnų organizmų liekanos, taip pat ekskrementai ir vandens gyvūnų išskyros yra palaispniui perdirbamos per ilgesnę ar trumpesnę maisto grandinę.

Kartais liekanos yra tiesioginis taikių žuvų maistas, o daugeliu atvejų pirmieji jų vartotojai yra bakterijos ir vienaląsčiai organizmai, kuriuos vėliau suėda didesni (planktoniniai vėžiagyviai, vabzdžių lervos, žuvų mailius ir pan.); ir, galiausiai, praėjusios visą šią grandinę vis didesnių skrandžių, organinės vandens telkinių medžiagos „įsikūnija“ į pramonines žuvis, patenkančias mums ant stalo įvairių žuvų produktų pavidalu.

Tiesa, galutinė šios grandinės grandis gali būti ne tik žuvis, bet ir kitų grupių gyvūnai. Pavyzdžiui, jūrų žvėrys ir įvairūs bestuburiai gyvūnai (austrės, midijos, sepijos, kalmarai, krabai, krevetės, jūros agurkai), kurie jūrinėse šalyse yra pramonės ir vartojimo objektai. Tačiau ir ten iš visų jūros gėrybių pagrindinė ir vyraujanti vieta tenka žuviai.

Iš Lietuvos vidaus vandenų, be žuvų produktų, ant mūsų stalo gali patekti tik vėžiai – bevertis ir atsitiktinis elementas mūsų mitybos racione.

Smulkiau panagrinėsime maistinių medžiagų transportavimo ir jų transformavimo žuvų virškinimo trakte problemas.

## 2.1. poskyris. Žuvų virškinimo sistema ir maisto komponentų transformavimas joje

Į žuvų organizmą maistas patenka per burną, toliau – į stemplę, o paskui – į skrandį ir žarnyną, kuriame maistas yra suvirškinamas. Virškinimo užduotis – išskaidyti (padalinti) stambias maistinių medžiagų molekules iki mažų standartinių monomerų (monomeras – maža molekulė, kuri gali jungtis su kitomis tokiomis pat ar kitokiomis molekulėmis), kurie absorbuojami į kraują. Šios virškinimo metu gaunamos medžiagos jau nebeturi rūšių specifikos. Tačiau maistinėse medžiagose esančios energijos atsargos išsaugomos ir toliau yra naudojamos organizme.

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

**Baltymai** (proteinais, *angl. proteins*) – natūralūs stambiamolekuliniai organiniai junginiai. Baltymai, skirtingai nuo angliavandenių ir riebalų, yra nepakeičiamas maisto komponentas. Visų organizmų gyvybiniuose procesuose baltymai atlieka struktūrinę, reguliavimo, katalizinę (spartinančią cheminių reakcijų eigą), apsauginę, transporto, energetinę ir kitas funkcijas. Pagal baltymų molekulių formas skiriami fibriliniai ir globuliniai baltymai.

Baltymų molekulės yra ilgos sudėtingos grandinės, sudarytos daugiausiai iš aminorūgščių, sujungtų peptidiniu ryšiu. Iš viso yra 20 amino rūgščių. Kiekviena gyvų organizmų rūšis turi savitą, tik jai būdingą įvairių baltymų molekulių rinkinį. Virškinimo metu baltymų molekulės skaidomos būtent į amino rūgštis, kurios absorbuojamos į kraują ir juo pernešamos į organizmo ląsteles kaip detalės ant surinkimo konvejerio. Ląstelėse iš amino

rūgščių sintetinami specifiniai kiekvienai žuvų rūšiai baltymai. Dalį amino rūgščių žuvys gali susintetinti savarankiškai – sintezė daugiausia vyksta kepenyse. Tačiau kai kurios amino rūgštys gali būti gaunamos tik su maistu. Tokios amino rūgštys vadinamos nepakeičiamomis. Skirtingoms žuvų rūšims reikia nuo 9 iki 12 amino rūgščių (palyginimui, suaugusiam žmogui – 8).

Maistinių baltymų virškinimas prasideda skrandyje veikiant enzymui *pepsinui*. Toliau žarnyne maistas yra veikiamas tripsino, kuris sintetinamas kasoje į neaktyvaus pirmtako formą – tripsinogeną. Jis aktyvuojamas žarnyno juostoje enteropeptidazės fermentu dalyvaujant kalio jonams.

Žuvims, įskaitant ir augalėdes, reikalingas žymiai didesnis (2-3 kartus) baltymų kiekis pašarų sudėtyje nei sausumos gyvūnams. Tai susiję su jų medžiagų apykaita. Plėšrioms žuvims reikia daugiau baltymų nei augalėdėms, jūrų žuvims – daugiau nei gėlavandenėms, o aktyviai augančiam mailiui – daugiau nei suaugusioms žuvims.

Virškinant baltymus azotas iš amino rūgščių paverčiamas į vieną iš trijų galutinių produktų: amoniaką, šlapimo rūgštį ar šlapalą. Azoto apykaitos galutinių produktų šalinimo forma susijusi su gyvūno gyvenimo sąlygomis, jo apsirūpinimu vandeniu ir turi pritaikomąją reikšmę. Metabolizmo produktų toksinis poveikis sumažėja grandinėje amoniakas – šlapalas – šlapimo rūgštis. Amoniakas net ir mažomis koncentracijomis yra toksiškas, jis gerai tirpsta vandenyje ir lengvai įsigeria per bet kokį paviršių, susiliečiantį su vandeniu. Todėl amoniakas (paprastai, kaip amonio jonas) yra vandens bestuburių, daugelio gėlavandenių kaulingų žuvų, nuolat vandenyje gyvenančių varliagyvių ir jų lervų galutinis metabolizmo produktas. Azotas, esantis amoniako molekulės sudėtyje, įsijungia į gamtos grandinę. Jeigu gyvūnai gyvena riboto tūrio vandenyje, tai jų organizmai, siekdami išvengti amoniako kaupimosi jų audiniuose, keičia jį į žymiai mažiau toksišką junginį – šlapalą.

Šlapimo rūgštis ir jos druskos labai blogai tirpsta vandenyje; joms pašalinti vandens beveik nereikia. Todėl šlapimo rūgštis kaip galutinis metabolizmo produktas yra būdinga paukščiams ir sausringose vietose gyvenantiems gyvūnams (sausumos vabzdžiams, ropliams).

**Lipidai** (*angl. lipids*) – graik. *lipos* riebalas + *idos* rūšis – riebalų ir riebiųjų medžiagų (lipoidų) klasė. Chemijos požiūriu – tai riebalų rūgštys ir jų dariniai.

Lipidų vaidmuo yra itin svarbus organizmų gyvybingumui. Tai – pagrindiniai biomembranų komponentai, organų atsargų, izoliuojanti ir apsauganti medžiaga; kaloringiausia maisto dalis; svarbi gyvūnų dietos sudėtinė dalis; daugelio vitaminų nešėjai; vandens ir druskų judėjimo reguliatoriai; imunomodulatoriai (imunitetą stiprinantys preparatai); kai kurių fermentų aktyvumo regulatoriai; hormonai; biologinių signalų siųstuvai.

**Riebalai** (*angl. fats*) – pati gausiausia pašarų lipidų rūšis. Pašarų riebalai dažniausiai yra neutralūs riebalai – trigliceridai. Tai gana paprasti junginiai, kurie virškinimo metu suskyla į sudėtines dalis – gliceriną ir riebalų rūgštis. Trigliceridų sudėtyje yra apie 9 % glicerino ir skirtingo angliavandenių grandinės ilgio riebalų rūgščių. Trigliceridų savybės priklauso nuo į jų sudėtį įeinančių riebalų rūgščių cheminės struktūros ilgio ir ypatumų

**Riebalai** yra daugelio gyvūnų pagrindinis energijos šaltinis. Vienas gramas visiškai oksidavusių (oksidacija vyksta ląstelėse dalyvaujant deguoniui) riebalų duoda 9,5 kcal (apie 40 kJ) energijos. Tai beveik du kartus daugiau, nei galima gauti iš baltymų arba angliavandenių.

Kita vertus, riebalai – tai ne tik daug kalorijų turintis „kuras“. Jie įeina į ląstelių ir jas gaubiančių membranų komponentų sudėtį ir yra daugelio organizmui svarbių junginių sintezės pagrindas. Riebaluose tirpūs vitaminai (A, D, E ir K) „saugomi“ tik riebaluose ir be jų neišsavinami. Jei pašaruose nėra riebalų, sutrinka centrinės nervų sistemos veikla, susilpnėja imunitetas.

Nepaisant riebalų didelės energijos galios, iš jų tos energijos gavimas organizme – lėtas procesas. Taip yra dėl mažo riebalų reaktyvumo (lėto įsisavinimo), ypač – jų angliavandenių grandinių. Angliavandeniai, nors ir suteikia mažiau energijos nei riebalai, tačiau leidžia gauti jos daug greičiau. Pašarų riebalai suskyla skrandyje ir žarnyne, o paskui prasiskverbia pro kraujagyslių sienelės ir toliau transportuojami į kepenis ir riebalinius audinius, kuriuose jie yra kaupiami.

Jeigu riebalai pereina iš skystos būsenos į kietą, prarandami riebaluose tirpūs vitaminai (A, D, E, K), kurie paskui greitai suyra. Kietos būsenos riebalai žuvų skrandžio – žarnyno trakte įsisavinami daug blogiau negu skystos. O maisto „pašildyti“ savo organizme, kaip šiltakraujai gyvūnai, žuvis negali.

**Angliavandeniai** (cukrūs, *angl. carbohydrates*) – organiniai junginiai, kurių sudėtyje yra anglies, deguonies ir vandenilio. Jie turi bendrą formulę  $C_n(H_2O)_m$ , dėl kurios ir gavo savo pagrindinį pavadinimą.

Jie sudaro reikšmingą daugelio gyvūnų raciono dalį. Keisdamiesi dėl oksidacijos (biocheminio „deginimo“), angliavandeniai aprūpina visas gyvasias ląsteles energija, įeina į ląstelių membranų ir kitų struktūrų sudėtį.

Angliavandeniai skirstomi į monosacharidus (pavyzdžiui, gliukozė, fruktozė, galaktozė), disacharidus (pavyzdžiui, sacharozė, maltozė ir kt.) ir polisacharidus (celiuliozė, ji yra ir ląstelienu, taip pat krakmolai ir jo gyvūninės kilmės analogas – glikogenas).

Su pašarais gautą ir įsisavintą angliavandenių dalį, kuri iškart nebuvo „sudeginta“ energijai gauti, vandens gyvūnai paverčia į riebalus ir glikogeną bei kaupia kepenyse ir

raumenyse. Esant būtinybei, glikogenas lengvai virsta gliukoze, o ši savo ruožtu gali dalyvauti energijos mainuose.

Šiltakraujai gyvūnai reikšmingą dalį su maistu gautų angliavandenių sunaudoja padidintai kūno temperatūrai palaikyti. Šaltakraujėms žuvims to nereikia, todėl angliavandenių kiekis mažiui neturi viršyti 20-25%, o suaugusioms žuvims – 30-35% pašarų normos (duomenys komercinei žuvininkystei). Manoma, kad žuvims šerti nereikia daugiau nei 6 g angliavandenių vienam jų svorio kilogramui.

Plėšriosios žuvys gali įsisavinti tik žemesnius angliavandenius arba glikogeną. Augalėdės žuvys turi ypatingų fermentų, todėl gali įsisavinti ir aukštesnius angliavandenius, pvz., krakmolą. Kai kurios žuvys gali įsisavinti ir ląstelieną, matyt, dėl virškinamojo trakto mikrofloros. Tačiau didžiąjai daliai žuvų rūšių ląsteliena pašaruose neturi viršyti 3%.

Didelio fizinio aktyvumo žuvų rūšys (pavyzdžiui, pelaginės) turėtų gauti daugiau angliavandenių nei mažai aktyvios. Greitai augančiam mažiui labiau reikia angliavandenių nei suaugusioms žuvims. Neršiant ir ruošiantis nerštui angliavandenių poreikis taip pat gali išaugti.

**Mineralinės medžiagos** būtinos normaliai žuvų gyvybinei veiklai. Mineralinės medžiagos druskų pavidalu patenka į organizmą ne tik su maistu, bet ir iš vandens per žiaunas, burnos gleivinę ir odą. Mineralinių medžiagų kiekis pašare yra mažiau svarbus, jeigu žuvis gyvena sūriame aukšto aktyvumo jonų vandenyje.

**Vitaminai** – įvairios struktūros gyvybei nepakeičiamos organinės medžiagos, gyvoje ląstelėje atliekančios procesų biokatalizatoriaus vaidmenį bei dalyvaujančios medžiagų apykaitoje.

Skirtingai nuo kitų nepakeičiamų mitybos medžiagų (aminorūgščių, riebalų rūgščių ir kt.), **vitaminai nėra biosintezės medžiaga** arba energijos šaltinis. Tačiau jie dalyvauja praktiškai visuose biocheminiuose ir fiziologiniuose procesuose, kurie bendrai paėmus sudaro medžiagų apykaitą. Vitaminų biosintezė daugiausia atliekama ne organizmo viduje, todėl gyvūnas turi gauti vitaminų iš išorės, su pašaru.

Yra vandenyje tirpūs (C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> ir PP) ir riebaluose tirpūs (A, D, E, K) vitaminai.

Prie vandenyje tirpių priskiriami: askorbo rūgštis (vitaminas C), B grupės vitaminai – tiaminas (B<sub>1</sub>), riboflavinas (B<sub>2</sub>), B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> (kobalaminas), niacinas (vitaminas PP), folio rūgštis, pantotėninė rūgštis, biotinas.

Prie tirpių riebaluose priskiriami: vitaminai A, D (kalciferoliai), E (tokoferoliai) ir K. Sėkmingas žuvies perėjimas nuo natūralaus maisto prie kombinuotųjų pašarų tapo įmanomas tik ištyrus žuvų vitaminų poreikius.

## 2.2. poskyris. Žuvies medžiagų apykaitos ir vandens cheminės sudėties ryšys

Medžiagų apykaita tarp organizmo ir supančios aplinkos labai susijusi su vandens chemine sudėtimi. Gyvybinės veiklos metu žuvies organizmo medžiagų poreikis yra nevienodas ir priklauso nuo žuvies amžiaus, dydžio, lytinės brandos, vandens hidrocheminių savybių bei temperatūros.

Medžiagų apykaitos procesai ant ląstelių membranų taip pat labai susiję su vandens chemine sudėtimi. Skirtingų druskų kiekis daro poveikį medžiagų patekimui į ląstelę ir pasišalinimui iš ląstelės. Skysčių, esančių žuvies kūne, sudėtyje yra skirtingų druskų. Kad žuvies medžiagų apykaita būtų efektyvi, druskų koncentracija neturi peržengti optimalių ribų.

Gyvų organizmų ląstelėse vyksta medžiagų sintezė, kvėpavimo procesai, sudėtingų junginių skaidymas. Gyvybinėje veikloje nuolatos naudojamos vienos medžiagos ir susidaro kitos. Dalis naujai susidariusių molekulių lieka ląstelėje, dalis pernešamos į kitas ląsteles arba išskiriamos į supančią aplinką. Siekiant užtikrinti gyvybinės veiklos procesą reikalingas nuolatinis pradinių medžiagų tiekimas ir šalutinių produktų, susidariusių vykstant biocheminėms reakcijoms, šalinimas iš ląstelės.

Molekulės transportuojamos specialiai sudarytais perdavimo audiniais. Prieš patekdamos į ląstelę ar pasišalindamos iš jos, visos medžiagos turi pereiti per ląstelės membraną, skiriančią ląstelę nuo išorės aplinkos

Pašaruose esančios skirtingos druskos daro poveikį tam, kokios medžiagos ir kokiais kiekiais pateks į ląstelę ar išeis iš jos. Produktai, būtini organizmo gyvybinei veiklai, paprastai pernešami per membraną kaip jonai su elektros krūviu. Pernešimas gali būti įgyvendinamas aktyviai – naudojant kitų procesų energiją, arba pasyviai – jonų kinetinės energijos sąskaita. Pasyvus pernešimas – įvairių jonų difuzija (jonų judėjimas) per membraną – įgyvendinamas skirtingu greičiu. Jonų prasiskverbimo per membraną greitis priklauso ir nuo jonų koncentracijos skirtumo skirtingose membranose. Kuo didesnis skirtumas, tuo daugiau jonų skverbiasi į jų mažesnio kiekio pusę.

Be difuzijos, vykstančios dėl koncentracijų skirtumo, egzistuoja aktyvus jonų judėjimas, kuris vyksta dėl skirtingų elektrocheminių potencialų per specialius membranose ruožus. Šis judėjimas gali vykti ir iš mažesnės koncentracijos į didesnę. Šiuo atveju varančioji proceso jėga yra energijos atsargos PAT (pirminio aktyvaus transporto) molekulėse arba kito jono pasyvaus transporto energijos sąskaita (dažniausiai  $\text{Na}^+$  arba  $\text{H}^+$ , antrinio aktyvaus transporto).

Organizmo skysčių osmosinio slėgio reguliavimo procesų visuma vadinama osmoreguliacija. Šis procesas vyksta daugelyje organizmų. Gėlavandenėms žuvims vanduo kartu su jo sudėtyje esančiomis druskomis aktyviai patenka į ląsteles per kūno paviršių ir žiaunas, o iš



organizmo šalinamas per kepenis. Į sūraus vandens žuvų organizmą patekęs vanduo šalinamas per odos dangą, o NaCl daugiausiai šalinamas per žiaunas naudojant specialias geležis.

Anijonai taip pat turi skirtingą poveikį žuvims. Nitratai žuvims yra žymiai nuodingesni nei chloridai. Augalams toksiškiausi yra chloro jonai  $\text{Cl}^-$ , taip pat toksiški sulfato ir karbonato jonai ( $\text{SO}_4^{2-}$  ir  $\text{CO}_3^{2-}$ ). Be osmosinio slėgio ir vieno ar kito jono absoliutaus kiekio, didelę fiziologinę reikšmę turi vandenyje ištirpusių jonų santykis. Daugelis natūralių vandenų pasižymi apytiksliai vienodu suminiu vienvalenčių ir divalenčių jonų kiekiu. Prie tokio santykio yra prisitaikę vandens organizmų gyvybinės veiklos procesai. Žinoma, skirtingose Žemės rutulio dalyse vandens sudėtis skiriasi, tačiau organizmai turi galimybę prisitaikyti prie tam tikrų vandens cheminės sudėties pokyčių.

### 2.3. poskyris. Druskų balanso palaikymas ir žuvų osmosinės reguliacijos sistema

Žuvų kūne esančių skysčių sudėtyje yra įvairių druskų. Kad žuvies medžiagų apykaita būtų efektyvi, šių druskų koncentracija neturi peržengti optimalių ribų. Gėlavandenių žuvų raumenų skystyje yra didesnis kiekis druskų, nei jų yra aplink esančiame vandenyje. Jūrinių žuvų atvirkščiai – jų organizmuose yra mažiau druskos nei jūros vandenyje. Jeigu žuvis būtų visai vandeniui nelaidžios, jos galėtų palaikyti savo vidinę vandens ir druskų pusiausvyrą nenaudodamos energijos.

Gėlavandenių žuvų osmosinė reguliacija įgyvendinama suderinant fiziologinius procesus, kurie daugiausiai vyksta kepenyse ir žiaunose. Kepenų funkcija yra šalinti iš kūno vandens perteklių. Šlapimo pūslę turi ne visos žuvų grupės ir jos nereikėtų painioti su plaukimo pūsle. Gėlavandenės žuvis pagamina apytiksliai 10 kartų daugiau šlapimo negu tokios pačios kūno masės jūrinės (ir, atitinkamai, 10-20 kartų daugiau nei sausumos gyvūnai).

Žuvis turi ne tik tvarkytis su perteklinio vandens pritekėjimu į organizmą, jos taip pat turi išsaugoti druskas, esančias jų organizmuose. Be to, žiaunose yra specialios – chloro – ląstelės, kurios padeda palaikyti druskų santykį, aktyviai absorbuodamos druskas (jonus) tiesiogiai iš vandens. Ši druskų absorbavimo sistema, reikalaujanti energijos sąnaudų, vadinama „jonų siurbliu“. Šis procesas veikia abiem kryptimis, ir nepageidaujami jonai (tokie, kaip amoniako  $\text{NH}_4^+$ ) pakeičiami naudingais jonais (pavyzdžiui, natrio jonais  $\text{Na}^+$ ).

### 2.4. poskyris. Žuvų medžiagų apykaitos priklausomybė nuo vandens temperatūros

Vandens aplinkos temperatūra – pats reikšmingiausias natūralus veiksnys, kuris daro tiesioginį poveikį hidrobiontų ir žuvų medžiagų apykaitos lygiui.



Visos žuvys pagal temperatūrą, kuriai esant jų gyvybinė veikla yra normali, skirstomos į šilumamėges (kuojos, sazanai (karpiai), karosai, lynai, augalėdžių žuvų rūšys (plačiakakčiai, baltieji amūrai), eršketinės ir kitos) ir šaltamėges (upiniai upėtakiai, sykai, lašišos, vėgėlės ir kt.)

Šilumamėgių žuvų medžiagų apykaita efektyvesnė esant aukštai vandens temperatūrai. Jos intensyviau maitinasi ir yra aktyvios esant 17-28°C vandens temperatūrai. Vandens temperatūrai sumažėjus žemiau +17°C jų maitinimosi aktyvumas sumažėja (o žiemą daugelio rūšių ir visai nutrūksta). Prieš žiemą ir visą žiemą žuvys praleidžia mažai judėdamos gilesnėse vandens telkinio vietose, nes tai susiję su termine stratifikacija – temperatūros pokyčiu pagal telkinio gylį.

Šaltamėgėms žuvis optimali temperatūra yra nuo +8 iki +16°C. Žiemą jos aktyviai maitinasi, o jų nerštas vyksta rudens – žiemos periodu. Nustatyta, kad žuvys pripranta prie atvėsimo ir temperatūros sumažėjimo, pakeisdamos savo metabolizmą per 17-20 parų. Vandens temperatūrai sumažėjus nuo +12°C iki +4°C, sumažėja žuvų energijos naudojimas (pavyzdžiui, kiršlių energijos sunaudojimas sumažėja 20 %).

Sumažėjus vandens temperatūrai padidėja deguonies tirpumas, todėl žiemą vandens prisotinimas deguonimi yra gana didelis. Ilgą laiką esant sumažėjusiai vandens temperatūrai žuvys privalo būti sukaupusios pakankamas riebalų (energetinės medžiagos) atsargas ir per visą laikotarpį išsaugoti normalią medžiagų apykaitą.

Žuvų temperatūrinės adaptacijos mechanizmai skirtingi. Poliarinių sričių šaltakraujų gyvūnų atsparumas žemai temperatūrai apibūdinamas keliais veiksniais. Šių rajonų gyventojų biologiniuose skysčiuose (kraujyje ir limfoje) yra biologinių antifrizų – peptidų ir glikoproteinų, bei daugiatomių alkoholių – glicerolio ir sorbitolio, kurie neleidžia užšalti vandeniui ląstelėse.

Stambiamolekuliniai antifrizai adsorbuojasi ant menkiausių (ir todėl nepavojingų) viduje ląstelių susidariusių ledo kristalų, neleisdami jiems augti. Tai labai efektyvūs krioprotektoriai: glikoproteinai skysčių užšalimą stabdo 200-300 kartų stipriau nei medžiagos, pasižyminčios tirpdančiuoju veikimo mechanizmu.

Stambiamolekuliniai antifrizai sudaro reikšmingą visų skysčių masės dalį, ir jiems esant sudėtyje, tirpalo užšalimo temperatūra yra žemesnė nei tirpimo temperatūra. Antarktinių žuvų kūno skysčių sudėtyje nuolat yra antifrizų (3,5% visų biologinių skysčių masės), nes taip nulemia genetiniai mechanizmai. Kituose organizmuose jie sudaro priklausomai nuo supančios aplinkos temperatūros sezoninių svyravimų (fenotipinė adaptacija). Antifrizų sintezė reguliuojama ir egzogeniškai (dalyvaujant aplinkos temperatūrai ir pagal šviesios dienos trukmę), ir endogeniškai (valdoma hipofizės).

***Energijos apykaitos kompensacija.*** Dar viena svarbi prisitaikymo šaltyje priemonė yra susijusi su šaltakraujų gyvūnų energetinio metabolizmo lygio kompensacija. Poliarinių žuvų

raumenyse mitochondrijų (ląstelės organelių) koncentracija yra didesnė nei tų rūšių žuvų, kurios gyvena vidutinio ir tropinio klimato platumose. Dėl šių skirtumų esant vienodai temperatūrai (paprastai 20°C) poliarinės žuvys kvėpuoja intensyviau nei vidutinių platumų.

Kitas metabolizmo kompensacijos tipas – žemesnis fermentinių reakcijų energetinis barjeras poliarinių gyvūnų audiniuose, palyginti su vidutinių platumų gyvūnų.

Esant sezoniniams arba dar trumpesniems (kelių savaitių) temperatūros svyravimams adaptaciniai mechanizmai yra fenotipinio pobūdžio – būdingi žuvis. Jie „nejrašyti“ žuvų genome, gali susiformuoti per vienos kartos gyvenimo laikotarpį ir yra grįžtamieji. Tokiais atvejais šaltamėgiai gyvūnai turi pritaikyti savo metabolizmą naujam temperatūrų režimui.

Vienas iš tokių fenotipinės adaptacijos mechanizmų – temperatūros sukeltų vieno ar kito fermento izoformų, kurios geriau prisitaikysios prie naujų sąlygų, sintezė. Pavyzdžiui, vaivorykštinio upėtakio, tris savaites būnančio žemoje temperatūroje, smegenyse sintetinama specifinė acetilcholinesterazės (fermento, skaidančio acetilcholiną) „šalčio“ izoforma.

Temperatūros sukeltas esterazės izoformų susidarymas taip pat gali būti ir kitų rūšių žuvis. Tačiau tai – pakankamai retas reiškinys.

Kitas adaptacijos mechanizmas susijęs su fermentų funkcinių savybių pokyčiu nesikeičiant jų izoformai. Buvo nustatyta, kad vykstant žuvų adaptacijai prie žemų ir aukštų temperatūrų, per kelias savaites keičiasi funkcinės fermentų savybės. Žuvų, prisitaikiusių prie šalto vandens, fermentas ir jo substratas labiausiai atitinka vienas kitą. Į šiltą vandenį patekusių žuvų fermentai per dvi – tris savaites optimaliai prisitaiko funkcionuoti aukštoje temperatūroje. Tai parodo, kad per tam tikrą laikotarpį fermentas nusistovi darbui naujomis sąlygomis.

## 2.5. poskyris. Vandenyje ištirpusių dujų įtaka žuvų medžiagų apykaitai

Žuvų gyvenamojoje aplinkoje – vandenyje – yra ištirpusių dujų, ypač deguonies, azoto ir nedidelis kiekis anglies dioksido.

Vandens praturtinimas deguonimi vyksta išskiriant jį vandens augalijai, vykstant fotosintezei bei patenkant iš atmosferos. Vandens praturtinimas deguonimi priklauso nuo to, ar jo kiekis vandenyje yra mažesnis nei normalus esant nustatytai temperatūrai ir parcialiniam oro slėgiui. Dujų plitimo greitis yra labai mažas, todėl stovinčiuose ir mažai pratakuiose telkiniuose praturtinimo deguonimi procesas vyksta labai lėtai. Esant stipriai tūkmei, vėjui ar dirbtiniam purškimui vandens prisotinimas deguonimi žymiai pagreitėja.

Galingas vandens praturtinimo deguonimi šaltinis yra vandens augalų fotosintezė. Fotosintezės intensyvumas priklauso nuo temperatūros ir apšvietimo. Telkiniuose fotosintezė

daugiausiai vyksta nedideliuose gyliuose, dažniausiai paviršiniuose vandens sluoksniuose, kurie gerai įšyla ir apšviečiami.

Praturtinant vandenį deguonimi kartu vyksta ir atvirkštiniai procesai, mažinantys jo kiekį telkinyje. Beveik visi biocheminiai procesai, vykstantys vandenyje, susiję su deguonies vartojimu – bakterinė organinių ir neorganinių medžiagų oksidacija, gyvūnų ir augalų kvėpavimas.

Didelė deguonies dalis sunaudojama ir hidrobiontų kvėpavimui, kuris tampa intensyvesnis padidėjus temperatūrai, o tai sukelia deguonies suvartojimo padidėjimą.

Visos žuvys kvėpuoja vandenyje ištirpusiu deguonimi, todėl jo kiekis vandenyje joms turi lemiamą reikšmę. Tik nedaugelis žuvų yra iš dalies prisitaikiusios kvėpuoti atmosferos deguonimi.

Žuvų reakcija į deguonies kiekį vandenyje nevienoda. Paprastai pelaginėms, upinėms ir šaltamėgėms žuvims reikia didesnio deguonies kiekio nei dugninėms, ežerų ir šilumamėgėms žuvims.

Pagal deguonies kiekį, būtiną normaliam žuvų vystymuisi, žuvys skirstomos į keturias grupes. Jūrinės žuvys yra jautresnės deguonies trūkumui nei gėlavandenės ir pradeda dusti sumažėjus jo kiekiui iki 60-70 % normalaus kiekio.

Žuvų deguonies suvartojimas priklauso nuo jų rūšies, amžiaus, judumo, laikymo tankio, fiziologinės būklės, taip pat vandens temperatūros ir druskingumo. Pastebimi aiškūs žuvų skirtumai dėl minimalaus ištirpusio deguonies kiekio, kuriam esant jos gali gyventi, ir dėl deguonies kiekio, būtino jų kvėpavimui.

Paprastai žuvų mailiui reikia didesnio deguonies kiekio nei vyresnės amžiaus grupės žuvims. Sumažėjus deguonies koncentracijai vandenyje žemiau nustatytų ribų sumažėja maitinimosi intensyvumas ir maisto naudojimas augimui, todėl sulėtėja žuvų augimas.

Pavienių žuvų ir žuvų sancaupų medžiagų apykaitos intensyvumas ir deguonies suvartojimas nevienodas. Esant dideliame žuvų laikymo tankiui, deguonies suvartojimas sumažėja. Deguonies suvartojimas keičiasi pagal žuvų fiziologinę būklę. Esant blogam deguonies režimui maitinimosi intensyvumas mažas ir nedidėja, net jei gausu maisto.

Žuvims nepalankus ne tik deguonies trūkumas, bet ir jo perteklius – abiem atvejais sulėtėja oksidacijos procesai. Greitai padidėjus deguonies kiekiui žuvims kyla nerimas, dusulys, deguonies narkozė ir jos žūna nuo uždusimo.

Deguonies perteklius vandenyje, lyginant su optimaliu režimu, embriono vystymosi periodu sumažina kraujodaros organų funkciją, todėl žuvims sukelia anemiją.

Deguonies kiekio sumažėjimas gali sukelti vasaros ir žiemos dusimus. Žiemos dusimai paprastai būdingi mažai pratakiems telkiniams – ežerams, tvenkiniams, pelkėms, turtingiems

organinių medžiagų, kurių oksidacijai sunaudojamas didelis deguonies kiekis, o jo patekimas iš oro tampa neįmanomas dėl ledo dangos. Žiemos dusimai kyla ir kai kuriose upėse, kurios būna padengtos ledu ilgesnį laiką.

Vasaros dusimai dažniausiai įvyksta užžėlusiuose tvenkiniuose ir ežeruose naktį arba masiškai juose augant vandens dumbliams, ypač dažnai naktį, kai padidėja augalų deguonies suvartojimas.

Kitos dujos, darančios poveikį žuvų gyvybinei veiklai, yra anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>) ir sieros vandenilis.

Anglies dioksido susidaro gyvūnams ir augalams kvėpuojant, pūnant organinėms medžiagoms telkiniuose.

Vandens telkiniuose pagrindinis CO<sub>2</sub> šaltinis yra autochtoninės (vietinės) ir alochtoninės (kilusios iš kitur) organinės medžiagos bakterinė oksidacija, taip pat požeminiai ir šaltinių vandenys, atmosferos krituliai ir hidrobiontų kvėpavimas. CO<sub>2</sub> koncentracijos mažėjimas vyksta dėl planktono ir aukštesniųjų vandens augalų fotosintezės, taip pat anglies dioksidui pereinant į karbonatinius junginius. Didelis anglies dioksido kiekis yra vandens telkinio taršos požymis. Net esant nedideliame anglies dioksido kiekiui vandenyje kraujas praranda gebėjimą įsisavinti deguonį ir žuvis žūva nuo uždusimo, todėl tokie telkiniai netinkami žuvims.

Sieros vandenilio vandens telkinyje atsiranda, kai trūksta deguonies. Sieros vandenilio gali susidaryti ir gėlo stovinčio vandens telkinių dugnuose. Kai kurios mažai judančios žuvis, tokios kaip lynai, karpiai, karosai ir kt., gali išgyventi esant nedidelei sieros vandenilio koncentracijai.

Aktyvi aplinkos reakcija (pH), turinti svarbią reikšmę žuvų gyvenimui, priklauso nuo ištirpusio vandenyje deguonies ir laisvojo anglies dioksido santykio ir dėsningai keičiasi pagal paros ir sezono fotosintezės eigą. Gėlo vandens telkiniuose anglies dioksido perteklius sukelia vandens rūgštingumo padidėjimą. Jūros vandenyje, kuriame yra dideli bikarbonatų kiekiai, šių dujų perteklius surišamas, o pH lieka pastovus.

Kiekvienai žuvų rūšiai būtinos tam tikros aktyvios aplinkos reakcijos reikšmės. Keičiantis pH lygiui sutrinka medžiagų apykaita, nes sumažėja organizmo gebėjimas absorbuoti deguonį. Optimalus pH dydis žuvims paprastai yra nuo 7 iki 8.

### **3 SKYRIUS. VANDENS TELKINIO HIDROCHEMINIO REŽIMO PRODUKTYVUMO FORMAVIMASIS**

#### **3.1. poskyris. Veiksniai, formuojantys vandens telkinio hidrocheminį režimą**



Vandens telkinių produktyvumo cheminis pagrindas, visų pirma, yra biogeniniai elementai (fosfatai, azoto rūgštis druskos, mikroelementai), ribojantys fitoplanktono vystymąsi. Deguonies ir anglies dioksido kiekiai, pH dydis, organinių medžiagų sudėtis ir biocheminė būseną, atskiri druskos sudėties komponentai ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) ir yra organizmų gyvybinės veiklos pasekmė, bioprodukcinių procesų intensyvumo rezultatas. Hidrocheminį režimą vienu metu veikia abiotiniai (edafiniai), biotiniai ir antropogeniniai veiksniai.

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

Pagrindiniai vandenyje ištirpusių medžiagų šaltiniai – įvairios uolienos, dirvožemiai ir juose gyvenantys organizmai. Būtent jie sudaro žemynų vandenų druskos sudėties pagrindą. Yra trys Žemės plutos uolienų – gamtos vandenų mineralizacijos šaltinių – grupės: *vulkaninės kilmės* uolienos, kurios suformuoja tirpias druskas chemiškai dūlėdamos, *tirpių druskų* klodai klinčių pavidalu, mergelis, dolomitai, gipsai, *pasklidusios ir adsorbuotos druskos* įvairiose nuosėdinėse uolienose.

Gamtinio vandens cheminės sudėties formavimasis neatsiejamai susijęs su dirvožemio sluoksnio sudėtimi ir struktūra, kurių formavimasis veikiant klimatui vyko per ilgą Žemės plutos evoliuciją. Todėl visai natūralu, kad gamtinio vandens mineralizacija yra pasiskirsčiusi zonomis, mineralizacijos dydis palaipsniui didėja einant iš šiaurės į pietus – nuo kelių miligramų 1 l iki 100 g/l ir daugiau.

Gamtiniai vandenys skirstomi į klases, grupes ir tipus pagal juose vyraujančius pagrindinius anijonus ir katijonus bei mineralizacijos dydį. Tundros vandenyse vyrauja silikatai ir karbonatai, miškų zonoje –  $\text{HCO}_3^-$  ir  $\text{Ca}^{2+}$ , stepių –  $\text{SO}_4^{2-}$  ir  $\text{Na}^+$ , taip pat  $\text{HCO}_3^-$  ir  $\text{Na}^+$ , dykumų ir pusdykumių zonose –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ .

Dūlėjimas ir išplovimas, vadinasi, ir vandenų praturtinimas mineralinėmis medžiagomis intensyvesnis ten, kur oro temperatūra aukštesnė. Temperatūrai padidėjus  $10^\circ\text{C}$  visų cheminių reakcijų greitis, įskaitant ir hidrolizės reakcijas, kuri yra svarbiausia dūlant, padidėja apie 2,0-2,5 karto. Todėl dūlėjimo ir išplovimo procesai drėgnuose tropikuose vyksta 20-40 kartų greičiau nei vidutinėse platumose. Lygumų srityse cheminės denudacijos<sup>3</sup> greitis yra didesnis nei mechaninio dūlėjimo. Kalnuotame reljefe būdingas atvirkštinis dėsniumas. Dažnai stiprėjant mechaninei denudacijai, sustiprėja ir cheminė.

Suspensijų koaguliacija (sutirštėjimas) ir po to vykstantis greitas jų nusėdimas priklauso nuo pradinės medžiagų koncentracijos, jų sudėtyje esančių organinių medžiagų, temperatūros, suspensijos dalelių dydžio, susimaišymo. Lengvai tirpios druskos ir karbonatai susimaišymo zonoje nenusėda ir visiškai išnešami už vandens telkinio žiočių sritis. Vandens telkinyje šias me-

<sup>3</sup> Sudūlėjusių uolienų perėjimas iš vieno pavidalo į kitą.





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 ir mineralinių bei organinių medžiagų išnešimas iš vandens telkinio. Tokiais metais dusimo atvejų nepasitaiko, nes dujų režimas yra palankus visų hidrobiontų vystymuisi.

Šiltais metais biogeninių elementų ir alochtoninės organinės medžiagos patenka mažiau, o padidėjusi vandens temperatūra suaktyvina visus gyvybinius procesus. Dažnai pastebima vertikali stratifikacija – paviršiniuose sluoksniuose vanduo persotintas deguonimi, nėra laisvojo anglies dioksido, o priedugnio sluoksniuose žuvis dūsta dėl deguonies trūkumo, padidėjusios anglies dioksido ir amoniako, o kartais ir sieros vandenilio, koncentracijos.

### **3.3. poskyris. Vandeningumas ir vandens apykaitos intensyvumas**

Vandeningumas nulemia biogeninių elementų ir organinės medžiagos kiekį, kuris yra atnešamas į vandens telkinį daugiausiai pavasarį su polaidžio vandeniu ir rudenį su lietumis. Tais metų laikais beveik visada vandens telkiniuose yra maksimalus pratakumas, padidėja santykinės vandens apykaitos koeficientas. Pagal vandens apykaitos intensyvumą išskiriami tranzitiniai, tranzitiniai kaupiantieji, kaupiantieji tranzitiniai ir kaupiantieji telkiniai. Pirmajai grupei priskiriami upės ir upeliai, antrajai ir trečiajai – tvenkiniai ir kompleksinės paskirties vandens telkiniai, kai kurie ežerai, ketvirtajai – pirmiausia dideli Šiaurės Europos ežerai.

Svarbu ir tai, kad sulėtėjusios vandens apykaitos metais pastebima planktoninių organizmų gausa ir pagerėjęs mailes maitinimasis, didesnis augimo tempas. Kitais metais išauga to vandens telkinio masinės žuvies (paprastai, tai įprastos smulkios gėlavandenės žuvis: maži ešeriai, kuojos, pūgžliai ir kitos mažos žuvys) sugavimas. Panašūs dėsniniai nustatyti ir kompleksinės paskirties žemės ūkio tvenkiniuose.

Vandens apykaitos intensyvumo sumažėjimas pastebimas šiltais metais esant karštai vasarai, kai vandens pritekėjimas iš baseino ir nutekėjimas iš vandens telkinio nežymūs. 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 būseną bei termoklinas (vandens sluoksnis, kuriame greitai keičiasi temperatūra).

### **3.4. poskyris. Hidrodinaminiai veiksniai**



Hidrodinaminiai veiksniai (bangos, tėkmės, cirkuliacija) hidrocheminiam režimui daro tiesioginį poveikį. Šie veiksniai ir yra pagrindinė fotosintezės sumažėjimo priežastis (pernelyg didelis vandens sluoksnių susimaišymas veikiant vėjui, bangavimui prie krantų), nes padidėja vandens drumstumas arba fitoplanktono ląstelės išnešamos žemiau fotinio (sluoksnis, kurį pasiekia saulės šviesa) sluoksnio. Tuo pačiu dėl vėjo periodiškai kylantis vandens maišymasis (rečiau konvekcinis, t.y. kylantis dėl srovių maišymosi) dažnu atveju yra vienintelis biogeninių elementų patekimo į fotosintezės zoną šaltinis.

Vertikalus susimaišymas sumažina fitoplanktono produkciją ne tik dėl jo ląstelių nusileidimo žemiau apšviestumo ribos, bet ir dėl šviesinės adaptacijos sutrikimo, kuri vėliau gana greitai atkurama. Nusistovėjus ramiam orui ir susidarius termoklinui fotosintezės intensyvumas staigiai padidėja. Kartu keičiasi ir hidrocheminiai rodikliai.

Vykstant maišymuisi paviršiniuose sluoksniuose dažnai pastebimas deguonies deficitas, biogeninių elementų, organinės medžiagos ir anglies dioksido koncentracijos padidėjimas. Nusistovėjus ramiam orui ir atsiradus vertikaliai stratifikacijai (vandens sluoksnių pasiskirstymui), paviršiniai vandens sluoksniai persotinami deguonimi ir todėl greitai sumažėja biogeninių elementų ir anglies dioksido kiekiai.

Ežeruose, rezervuaruose ir tvenkiniuose vyrauja vėjo srovės. Paviršiniame sluoksnyje, kai vidutinis vandens telkinio gylis yra 3-4 m, srovių kryptys griežtai 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. Šiame periode formuojasi termoklinas ir šilumos juosta (horizontali stratifikacija intakų įtekėjimo vietose). Pakrantės juostoje ir netoli salų pagrindinė srovės kryptis staigiai pasikeičia, atsiranda keli priešingų krypčių srautai – cikloninių ir anticikloninių cirkuliacijų sistema.

Cikloninės ir anticikloninės cirkuliacijos, susidarančios keičiantis pagrindinio srauto (šerdies) srovei veikiant dugno reljefui, dėl salų, įlankų, užutėkių ir kt., dažnai yra vienintelis (kartais – papildomas) veiksnys, kuris užtikrina 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 gilių sluoksnių vandenimis (pakankamai netiesioginis) prisideda prie intensyvaus fitoplanktono vystymosi virš maksimalaus vertikalios 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 vertikalių tankio gradientų sluoksnis paprastai yra suardomas dėl paviršinių vandenų nusileidimo. Nuo periferijos link centro paviršiniuose sluoksniuose vyksta vandenų tiekimas iš šalia esančios aplinkos. Kartu su šiais vandenimis 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.

### 3.5. poskyris. Hidrocheminių charakteristikų laiko ir erdvės pokyčiai

Bet kokio tipo vandens telkiniuose hidrocheminių charakteristikų pasiskirstymas yra nevienodas. Vienodesnis pasiskirstymas būna tik žiemą po ledu arba vėjui intensyviai maišant vandenį. Hidrobiontų gyvybinės veiklos ir organinės medžiagos biocheminės oksidacijos poveikio suformuotos hidrocheminės savybės, maišantis vandenų masėms, persiskirsto.

Kiekviename vandens telkinyje nevienodą bioprodukcinį ir biocheminių procesų hidrocheminių rodiklių horizontalų pasiskirstymą nulemia dvi priežastys: intakų įtaka ir skirtingų krypčių cirkuliacijos beveik stacionarios (kvazistacionarios) sistemos. 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 kinta vandens hidrocheminės savybės. Natūralus šėrimo vietose ir vandens telkinių žiočių srityse fitoplanktono ir makrofitų gyvybingumas taip pat daro įtaką hidrocheminių rodiklių reikšmėms, tačiau jų įtaka yra mažesnė, palyginti su oksidacijos procesais.

Toliau nuo kranto ir už intakų esančių tiesioginio poveikio zonų pagrindinis vaidmuo keičiant hidrochemines charakteristikas tenka cikloninėms ir anticikloninėms cirkuliacijoms. Paviršiniai vandenys (iki kompensacinio (žemiausio) taško gylio) su cikloninio pobūdžio judėjimu yra produktyvesni, pasižymi didesniu deguonies kiekiu, didelėmis pH ir oksidacijos reikšmėmis bei nedidelėmis anglies dioksido ir biogeninių elementų koncentracijomis. Paviršiniuose vandenyse su anticikloniniu vandenų judėjimu yra mažiau deguonies, o anglies dioksido ir biogeninių elementų daugiau. Be to, tose vietose, kuriose paviršiniai vandenys persotinti deguonies, priedugnio vietose yra deguonies deficitas. Esant deguonies trūkumui paviršiniuose vandens sluoksniuose (anticikloninės cirkuliacijos) priedugnio sluoksniuose prisotinimo dydis gali būti didesnis nei 100 %.

Bendrai, pereinant iš pavasario į vasarą, padidėja oksidacijos procesų vaidmuo formuojant bioproduktyvumą. Rudenį organinių medžiagų ir mineralinių darinių irimas vyksta

lėčiau, o deguonies kiekis artimas normalaus prisotrinimo dydžiui. Kai kurių metų šiltais rudens mėnesiais pirminės organinės medžiagos susidarymo procesai yra vyraujantys, palyginti su jos mineralizacijos procesais, todėl tai palankiai veikia deguonies režimą žiemos metu.

Bendras hidrocheminių charakteristikų sezoninio kitimo dėsningumas Europoje vandens telkiniuose yra toks: didžiausia mineralizacija yra žiemą ir vasarą, mažiausia – pavasarį potvynių metu ir rudenį – lietinguoju laikotarpiu.

Nagrinėjant hidrocheminio režimo rodiklių sezoninio kitimo pobūdį labai svarbu turėti konkretaus laikotarpio duomenis apie vandens temperatūrą ir vertikalios terminio gradiento (vertikalios vandens zonos temperatūros svyravimų) reikšmę. Tik bendra hidrologinių ir hidrocheminių charakteristikų sezoninės dinamikos analizė padės išaiškinti nukrypimų nuo bendro dėsningumo priežastis.

Daugeliui vandens telkinių per visą laikotarpį, kai jie nėra užšalę, būdinga vertikali terminė stratifikacija, kuri labiausiai pasireiškia pavasario ir vasaros metu. Tuo metu pastebimas maksimalus vandens persotinimas deguonimi, reiškiantis intensyvią fotosintezę. Šiuo laikotarpiu dažnai padidėja pH ir oksidacijos reikšmės.

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 aktyvios fotosintezės zonoje. Tačiau prie kompensacinio taško ribos, termoklino sluoksnyje ir kompensaciniame sluoksnyje, jų kiekis gali būti labai didelis. Bendrai, fosfatų ir amonio azoto kiekis rudenį yra didesnis nei pavasarį ir vasarą.

Didžiausios hidrokarbonatinių jonų koncentracijos būdingos pavasarį ir rudenį, mažiausios – vasarą. Vasarą, kai paviršiniuose vandens sluoksniuose nėra laisvojo anglies dioksido, fitoplanktonas fotosintezės proceso metu naudoja hidrokarbonatą.

Jeigu vandens pH didesnis nei 7, tai hidrokarbonatų jonai yra papildomas vandens augalų anglies mitybos šaltinis. Sezoninis organinės medžiagos kiekio kitimas, pagal permanganatinės oksidacijos duomenis (organinių medžiagų vandenyje rodiklis), charakterizuojamas dviem maksimumais žiemos ir pavasario laikotarpiais, kai į vandens telkinį patenka didelis kiekis spalvotų organinių junginių, kurie yra stabilūs biocheminiu požiūriu, bei vasaros ir rudens laikotarpiais dėl iki to laiko susikaupusių planktoninės kilmės organinių medžiagų.

Organinės medžiagos augimas dėl fotosintezės, esant santykinai žemai vandens temperatūrai, pavasarį vyksta formuojantis vertikaliai stratifikacijai. Šiuo metų laiku fitoplanktonas naudoja biogeninius elementus, susikaupusius vandens telkinyje žiemos pabaigoje, ir biogeninius elementus, atneštus su upių nuotėkiu. Vasarą fitoplanktono gyvybinė veikla vyksta esant aukštai vandens temperatūrai ir aiškiai išreikštam tankio šuolio sluoksniui (didesnio tankumo vandens sluoksnyje). Šiuo atveju fotosintezės zonos papildymas biogeniniais

elementais vyksta dėl jų regeneracijos jiems patenkant iš grunto bei su kaupiamąjo sluoksnio vandenimis veikiant vėjo maišymui, cikloniniams ir anticikloniniams sukuriams.

### 3.6. poskyris. Dugno nuosėdos

Vandens telkiniuose nuolat vyksta autochtoninių ir alochtoninių medžiagų nusėdimas į dugno nuosėdas. Jų kaupimosi intensyvumas ant vandens telkinio dugno ir vėliau vykstanti nusėdusios medžiagos modifikacija priklauso nuo konkretaus vandens telkinio geografinės padėties bei režimo (morfologinių ir hidrologinių ypatumų).

Autochtonines medžiagas sudaro krantų irimo (abrazijos) produktai; medžiagos, nusėdančios tirpale; augmenijos ir gyvūnų organizmų, gyvenančių vandens telkinyje, likučiai. Alochtoninės medžiagos šaltiniai yra nuotėkis 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, terminų, cheminių ir biologinių procesų. Net dalelėms nusėdus ant dugno, šių procesų poveikis išlieka pakankamai ilgai, todėl dugno nuosėdų sudėtis ir savybės žymiai skiriasi nuo pradinių vandens storumės dalelių savybių arba dalelių, patekusių iš baseino.

Kietųjų dalelių nusėdimo greitis priklauso nuo jų matmenų. Jeigu vandens maišymasis stiprus ir veikia ilgą laiką, jam vykstant nusėdimo procesas gali pagreitėti.

Dugno nuosėdos pagal dalelių dydį skirstomos į molį – skersmuo mažesnis nei 0,001 mm; dumblą – 0,001-0,01 mm; dulkes – 0,01-0,1 mm; smėlį – 0,1-1 mm; žvyrą ir žvirgždą – 1-10 mm; gargždą ir skaldą – 10-100 mm; riedulius – 100-1000 mm; luitus – daugiau nei 1000 mm.

Paprastai, kuo toliau nuo kranto, tuo nuosėdų dalelės tampa mažesnės. Smėlio ir gargždo sąnašos nugula prie atvirų krantų, 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 dumblai – smulčiausia organinės ir mineralinės sudėties nuosėdų frakcija.

Dumblai 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 link telkinio centrinės dalies.

Didžiausias mineralinių dalelių kiekis į vandens telkinį patenka per potvynius

vandeningais metais, taip pat esant dideliame vandens lygio kitimui, kuris prisideda prie intensyvesnio krantų ardymo.

Didžiausias pilkai žalios spalvos dumblo sluoksnis susidaro vasaros įkarštyje ir rudenį, kai nnyksta pagrindinė augalų ir gyvūnų masė, bei pavasarį (mineralinių dalelių) dėl padidėjusio nuotėkio. Žiemą susidaro plonas juodo dumblo sluoksnis. Vasarą, kai trūksta deguonies priedugnio vandens sluoksniuose, dumblas gali būti juodos spalvos dėl jame esančio didelio sulfidinių junginių kiekio.

Vandens telkinio dugne gyvenantys organizmai (bentosas) rausia ir smulkina dumblas, modifikuoja ir sutankina juos, o nnykdami papildo dumblo sluoksnį. Bakterijos sukelia cheminius virsmus (tiksliau – biocheminius): puvinimo bakterijos skaido baltymus; geležies bakterijos padeda formuotis geležies rūdai ir kt.

Dėl mikroorganizmų poveikio dumbluose organinės medžiagos pūna, išsiskiria dujos, kurios kyla 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 aukštomis dumblo temperatūroms – vasaros pabaigoje ir rudenį. Dujų išsiskyrimas ypač būdingas sekliems, daug maisto medžiagų turintiems (produktyviems) telkiniams, kuriuose ant dugno patenka daug organinės medžiagos, savo sudėtyje turinčios 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 pavidalo iš pažiūros riebią masę. Pagrindinė sudedamoji dalis tai – detritas, amorfinė organinė masė, turtinga riebalinių, baltyminių ir vaško pavidalo kūnų. Detritas, sudarytas daugiausiai iš nnykusių žemesniųjų augalų ir gyvūnų, vadinamas tankiu, o sudarytas iš nnykusių aukštesniųjų augalų – grubiu. Pirmuoju atveju, sapropelis yra geltonas, alyvinis arba rudos su alyvine spalvos, antruoju – rudų ir tamsių spalvų. Sapropelis paprastai susidaro negiluose eutrofinuose vandens telkiniuose (pasižyminčiuose maistinių medžiagų gausa). Sapropelio sluoksnis gali siekti 30 m. Jis yra naudojamas kaip trąša.

Durpiniai, arba humuso, dumblai susidaro miškų zonos distrofinuose vandens telkiniuose, lygumose, pelkėtose vietovėse, kur vandens sudėtyje nedaug mineralinių medžiagų, tačiau daug biocheminiu požiūriu stabilių organinių junginių (pH mažiau 7). Didelis huminių medžiagų kiekis nepalankiai veikia daugelį hidrobiontų, tarp jų – ir žuvis. Kad būtų pagerinta hidrobiontų gyvenamoji aplinka, reikia naudoti kalkes ir mineralines trąšas.

Durpiniai dumblai sudaryti iš liūnų ir pakrančių augmenijos, samanų, lapų, šakų ir

medžių kamienų liekanų. Dumblų struktūra grubi, dribsninė.

Dugno nuosėdos turi didelę reikšmę hidrocheminio režimo formavimuisi, užtikrindamos organinės medžiagos ir biogeninių elementų mainus. Jos, vienais atvejais, yra šaltinis, kitais – vandens telkinio organinių ir mineralinių išteklių akumuliatoriai.

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. Pakitus karbonatų pusiausvyrai ir padidėjus pH, kai taikomas bioprodukcinių procesų intensyvinimas, geležis iš ištirpusios būsenos pereina į skendinčią ir sedimentuoja (nusėda).

Didžiausias biogeninių elementų kiekis iš dugno nuosėdų į vandenį patenka maišantis ir nesant didelei nuosėdų koncentracijai. Iš azoto junginių iš dumblo į vandenį ypač greitai pereina amonio jonai. Anaerobinėmis (nereikalaujančiomis deguonies) sąlygomis, kai vyksta maišymais, 1 g dumblo per 1 val. gali išskirti iki 70 mg amonio azoto, aerobinėmis sąlygomis, kai pH 7,5-8,0, – iki 20 mcg. 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 fosforo junginių 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 0,04 mg/g dirvožemio fosforo. Sąveikaudamos su vandeniu, kurio sudėtyje fosforo yra 0,5; 1; 5 mg/l, vykstant maišymuisi dumblo nuosėdos per parą absorbuoja fosforo atitinkamai 0,002; 0,005 ir 0,23 mg/g dirvožemio, o nevykstant maišymuisi – 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 mažai tirpius ir netirpius junginius, todėl fosforas kaupiasi dugno nuosėdose.

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 vandens telkinio aplinkos 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 %. Pagal specialistų duomenis, Baltijos regiono vandens ir sniego sudėtyje



vidutiniškai yra: organinės anglies – 4,5 mg/l, organinio azoto – 0,4 mg/l, permanganatinės oksidacijos dydis – 2 mg O<sub>2</sub>/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, klevų, gluosnių, tuopų, pušų, per 10-80 dienų irstant alksniams, baltiesiems gluosniams, krantiniams gluosniams, ąžuolams ir beržams. Irstant aukštesniesiems vandens augalams (būdmainėms rūgtims, dumblialaiškiams, plūdėms, nertims, švendrams, elodėjoms, siūliniams dumbliams) didžiausias biogenų kiekis susidaro per 10-50 dienų; pievų augalijai – taip pat per 10-50 parų; dirvožemiui – per 20 dienų; planktonui – per 5-20 dienų.

## 4 SKYRIUS. VANDENS TOKSIKOLOGIJA

### 4.1. poskyris. Toksikologijos dalykas ir sąvokos.

Per paskutinius dešimtmečius pramonėje buvo susintetinta milijonai naujų cheminių junginių, vienu ar kitu būdu patenkančių į supančią aplinką. Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) vertinimu, iš daugiau nei 6 mln. šiandien žinomų cheminių junginių praktikoje naudojami 500 tūkst., iš kurių 40 tūkst. turi kenksmingų gyviems organizmams savybių, o 12 tūkst. yra toksiški. Į biogeocheminius ciklus dabar įtraukiama daug junginių, kurie yra nežinomi švarioje gamtos aplinkoje. Tokių medžiagų ženklimumui vartojamas terminas ksenobiotikai – sąlyginė kategorija, žyminti svetimą gyviems organizmams chemines medžiagas, kurios natūraliai nedalyvauja biotiniame cikle. Prie jų pirmiausia priskiriama didelė grupė junginių, kuriuos vienija bendras terminas „pesticidai“, fenoliai ir jų dariniai, freonai, dioksinai. Iš kilo būtinybė juos vertinti pagal pavojų gyviesiems organizmams, organizmų populiacijoms ir biocenozėms, tai ir yra *toksikologija*.

Šiuolaikinės toksikologijos pagrindinė sąvoka yra *toksiškumas* – cheminių medžiagų savybė (sugebėjimas), veikiant biologines sistemas nemechaniniu būdu, pakenkti joms arba sukelti jų žūtį, arba, taikant žmogaus organizmui, – gebėjimas sukelti sveikatos ir darbingumo sutrikimus, ligas arba mirtį.

Teoriškai nėra medžiagų, neturinčių toksiškumo. Esant tam tikroms sąlygoms atsiras biologinis objektas, kurio reakcija į tam tikros dozės medžiagos veikimą bus pakenkimas, funkcijų sutrikimas arba žūtis. Visiškai inertiškų (nejudrių) biologinių objektų atžvilgiu medžiagų toksiškumas gali būti įvertintas kaip artėjantis (bet ne lygus) prie nulio. Todėl toksikologiją galima apibūdinti kaip mokslą, nagrinėjantį savybę, būdingą praktiškai visoms mus supančio pasaulio, tiek natūralaus, tiek ir antropogeninės kilmės, medžiagoms – toksiškumą.



Formuojantis bendrajai toksikologijai, nagrinėjančiai labiau bendrus organizmo ir nuodo sąveikos dėsningumus, vyko ir vyksta vis didesnis jos skilimas. Atsirado tokios jos šakos ir atskiri skyriai kaip metalų, pesticidų, polimerų toksikologijos, karinė toksikologija, uždarytųjų erdvių toksikologija, ekologinė ir žemės ūkio toksikologijos.

Skirtingų akvakultūrų normalaus funkcionavimo užtikrinimo uždavinių požiūriu, didžiausią reikšmę turi tokie skyriai kaip vandens, ekologinė ir žemės ūkio toksikologija. Ekologinė toksikologija – tai tarpdisciplininė mokslo kryptis, susijusi su medžiagų toksiniu poveikiu gyviems organizmams, daugiausia – organizmų populiacijoms ir biocenozėms (tai – kartu gyvenančių organizmų visuma), įeinančioms į ekologinių sistemų sudėtį.

Medžiagų veikimas, sukeliantis biologinių sistemų funkcijų sutrikimus, vadinamas **toksininiu veikimu**. Toksinis veikimas paremtas medžiagų sąveika su biologiniu objektu molekulinio lygiu. Toksikanto ir biologinio objekto sąveikos molekulinio lygiu cheminis pakitimas (chemizmas) vadinamas **toksinio veikimo** mechanizmu. Medžiagų toksinio veikimo biologinėms sistemoms pasekmė yra toksinio proceso plėtra (biosistemos reakcijų į toksikanto veikimą, padarančių jai žalą, t.y. jos funkcijų, gyvybingumo sutrikdymą arba žūtį, formavimasis ir plėtra).

#### 4.2. poskyris. Aplinkos tarša. Taršos tipai

Pagal savo prigimtį tarša skirstoma į fizikinę, fizikinę cheminę, cheminę, biologinę ir mechaninę. Cheminių teršiančių medžiagų įtakos pobūdis ir laipsnis bendrai ekologiškai situacijai, atskiroms biocenozėms ir biosferos komponentėms skirtingose gamtos zonose yra nevienodas, taip pat nevienodas skirtingoms gyvūnų bei augalų rūšims.

Klasikinės geochemijos požiūriu, aplinkos cheminių savybių pasikeitimas, nesusijęs su natūraliais gamtos procesais, yra tarša.

Šiam terminui dažniausiai suteikiama medicininė – biologinė prasmė, kai tarša nagrinėjama žmogaus sveikatos požiūriu. Tokiu atveju tarša suprantama kaip bet kokie oro, vandens, dirvožemių ir maisto produktų pasikeitimai, darantys nepageidaujamą poveikį organizmų sveikatai ir gyvybei.

Teršalų **poveikio sunkumas** nusakomas trimis veiksniais. Pirmas – jų cheminė prigimtis, t.y. kiek jie yra aktyvūs ir kenksmingi žmogui, augalams ir gyvūnams. Antras – koncentracija, t.y. kiekis oro, vandens arba dirvožemio tūrio arba masės vienetu. Trečias veiksnys – stabilumas, t.y. jų egzistavimo ore, vandenyje ir dirvožemyje trukmė.

Stabilumui apibūdinti naudojamas terminas **išsilaikymas** – ksenobiotiko biologinio aktyvumo trukmė aplinkoje arba jos atskiruose objektuose – dirvožemyje, atmosferoje,

hidrosferoje, augaluose, audiniuose ir pan. – apibūdinama medžiagos pusinės eliminacijos periodu, t.y. laiku, per kurį ksenobiotiko kiekis aplinkoje sumažėja per pusę. Išsilaikymas apibūdina ksenobiotiko atsparumą puvimui ir transformacijai. Kartu su toksiškumu, išsilaikymas yra kenksmingo medžiagos poveikio kriterijus.

Priklausomai nuo sąlygų, tos pačios medžiagos išsilaikymas gali labai skirtis: paprastai, esant didesnei drėgmei ir temperatūrai, išsilaikymas mažesnis. Medžiagų degradacijos procesams poveikį daro ir mikroorganizmai bei šviesa. Ilgiausią išsilaikymą turinčios medžiagos yra gyvsidabrio ir arseno junginiai, įvairūs chloroorganiniai junginiai (pavyzdžiui, dioksinų pusinės eliminacijos laikas yra 10 metų). Prie mažiausią išsilaikymą turinčių medžiagų priskiriami fosforoorganiniai junginiai, kurių išsilaikymo trukmė aplinkoje neviršija 3 mėnesių.

**Pagal teršalų paplitimo mastą** tarša skirstoma į vietinę (aplink pramonės įmones, gyvulininkystės kompleksus, naftos bazes ir pan.), regioninę (srities ribose, baseino regione, respublikoje, valstybėje), erdvės (kosminėje erdvėje – pavyzdžiui, panaudotos skraidymo aparatų pakopos ir pan.).

Prie cheminės taršos priskiriamas cheminių medžiagų, nebūdingų šiai aplinkai, arba kurių natūrali koncentracija padidinama iki normą viršijančio lygio, įsiskverbimas. Tai ir užterštumas sunkiaisiais metalais, pesticidais, kitomis paprastomis arba sudėtingomis cheminėmis medžiagomis.

**Taršos šaltiniai** skirstomi pagal teršalų patekimą į supančią aplinką – vietiniai, taškiniai, plokštuminiai ir linijiniai (netaškiniai). Visi pramoniniai atliekų ir nuotekų šaltiniai yra taškiniai. Netaškiniai šaltiniai yra susiję su žemės ūkiu, chemizacija, paviršiniu užterštu teritorijų nuotėkiu ir pan.

Vertinant taršos poveikį natūraliai aplinkai, būtina skirti tiesioginį (pirminį) ir katalizuojamą (antrinį) poveikį.

Pagal susidarymo pobūdį tarša skirstoma į gamtinę ir antropogeninę. Gamtinę taršą sukelia natūralios priežastys, nesusijusios su žmogaus įtaka arba dėl žmogaus tolimo netiesioginio poveikio gamtai. Gamtinė tarša siauresne prasme vadinama natūralia, jeigu įvyksta be jokio žmogaus poveikio gamtos procesams; paprastai tai būna katastrofiniai procesai – galingas vulkano išsiveržimas, purvo nuošliauža ir pan.

Prie gamtinės taršos reikėtų priskirti ir geocheminę taršą, kuri kilo formuojantis ir vystantis mūsų planetai. Ji gali būti tiek teigiama, tiek neigiama. Pirmuoju atveju, tam tikroje vietovėje yra kažkokie elemento perteklius, antruoju – trūkumas.

Tarša, kylanti dėl žmogaus ūkinės veiklos, vadinama antropogenine. Ji skirstoma į pramoninę (sukeltą atskiros įmonės arba visos pramonės srities), žemės ūkio (kylanti naudojant

trašas, pesticidus, išmetus gyvulininkystės atliekas ir atliekant kitus veiksmus, susijusius su žemės ūkio gamyba) ir pan.

#### 4.3. poskyris. Bandymo objektų naudojimas atliekant toksikologinius eksperimentus

Pagrindinė bet kokio toksikologinio bandymo užduotis – nustatyti maksimalią neveiksmingą (arba nekenksmingą, ribinę, neefektyvią) medžiagų koncentraciją, kurią panaudojus neaptinkama organizmų pokyčių. Atliekant bandymus su skirtingais bandymų objektais (žuvimis, bestuburiais ir pan.) nustatoma nekenksminga medžiagos koncentracija jautriausiam organizmui, kuri naudojama kaip atskaitos taškas nustatant šios medžiagos leistiną koncentraciją.

Bandymų organizmai – tai didelio jautrumo organizmai, plačiai paplitę tam tikrose geografinėse zonose, kuriuos galima surinkti, patogai laikyti ir auginti laboratorijoje bei gerai iširti.

Pavyzdžiui, atliekant vandens objektų biologinius tyrimus naudojami įvairūs hidrobiontai – dumbliai, mikroorganizmai, bestuburiai, žuvis. Populiariausi objektai – planktoninių vėžiagyvių filtratorių *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis* jaunikliai.

Teisingai atliekamo biologinio tyrimo svarbi sąlyga – naudoti genetiškai homogeniškas (vienalytes, vienodas) laboratorines kultūras, nes jų jautrumas tikrinamas specialiomis standartais nustatytais laboratorijos sąlygomis, užtikrinančiomis būtiną tyrimų rezultatų pakartojamumą ir atkuriamumą. Tos kultūros turi būti maksimaliai jautrios toksinams medžiagoms.

Biologiniuose tyrimuose tiriamojo objekto atsako į kenksmingą aplinkos poveikį apibūdinimui naudojamas toksiškumo kriterijus – *tyrimo funkcija*. Tyrimo funkcijos naudojamos kaip biologinių tyrimų rodikliai įvairiems objektams:

– blaksteliniais, vėžiagyviams, embriono stadijos moliuskams, žuvis, vabzdžiams – tiriamųjų organizmų išlikimas (mirtingumas) ;

– vėžiagyviams, žuvis, moliuskams – vaisingumas, anomalių nukrypimų pasireiškimas ankstyvoje embrioninėje organizmo vystymosi etape, kiaušialąsčių dalijimosi sinchroniškumo laipsnis;

– vienaląsčių dumblių kultūroms ir blaksteliniais – ląstelių mirtis, ląstelių skaičiaus kultūroje pokytis (gausėjimas arba nykimas), ląstelių dalijimosi koeficientas, vidutinis augimo greitis, kultūros padidėjimas per parą;

– augalams – sėklų dygimo energija, pirminės šaknies ilgis ir kt.

Skirtingų chemikalų pradinis įvertinimo toksiškumo tyrimas – tai paprastai ūmūs eksperimentai su didele priedų koncentracija, trunkantys iki 5 dienų. Tokie bandymai yra būtini, nes jie parodo galimą mažesnių medžiagos dozių kenksmingumą esant ilgesniam veikimui. Todėl nustatant medžiagos koncentracijos priešribinę vertę, pagrindinis dėmesys ūminiuose toksikologiniuose bandymuose turi būti skiriamas jautriausių organizmų paieškai.

Pagrindinis tiriamųjų organizmų jautrumo toksikantams vertinimo kriterijus yra jų mirtingumo registravimas. Pagrindinė (klasikinė) tyrimo trukmė – 96 valandos. Tokia klasikinė toksikologinio tyrimo trukmė yra daugiau dėl socialinių priežasčių nei dėl fundamentaliųjų, ir ji atsirado dėl istoriškai susiklosčiusios įvairių šalių mokslininkų 5 dienų darbo savaitės.

XX a. pradžioje pagrindinis aplinkos toksiškumo vertinimo metodas buvo žuvų išlikimo nustatymo metodas – vadinamasis „žuvų mėginių“ metodas. Metodas plačiai paplito, dėl jo paprastumo ir patogumo jis taikomas iki šiol. Metodo trūkumas yra tas, jog būtinas ilgas žuvų adaptacijos prie laboratorijos turinio periodas (15-29 parų), kuris pats savaime sukelia stresą. „Žuvų mėginių“ metodas toliau buvo tobulinamas JAV, kai buvo sukurta bekontaktė judėjimo veiklos ir kai kurių žuvų elgsenos reakcijos registravimo sistema, pagal kurią nustatomas toksikantų egzistavimas aplinkoje.

#### 4.4. poskyris. Pagrindinės toksinių medžiagų klasės

Svarbiausia ksenobiotikų charakteristika ekotoksilogijos požiūriu yra jų *ekotoksikologinis pavojus* – medžiagos potencialus gebėjimas tam tikromis sąlygomis pakenkti biologinėms sistemoms jai patekus į aplinką. Potencialus medžiagos pavojingumas nustatomas pagal jos stabilumą aplinkoje, jos bioakumuliacines savybes, toksiškumu skirtingų biologinių rūšių atstovams.

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

- 1 – labai pavojingos medžiagos;
- 2 – didelio pavojingumo medžiagos;
- 3 – vidutiniškai pavojingos medžiagos;
- 4 – mažo pavojingumo medžiagos.

Pavojingumo rodikliai skirstomi į dvi grupes. Pirmajai grupei priklauso potencialaus pavojingumo rodikliai – medžiagos lakumas, tirpumas vandenyje ir riebaluose ir kiti, pavyzdžiui, aerozolio dispersija (pasklidimas purškiant). Šios savybės nulemia galimybę nuodams patekti į organizmą įkvepiant, patekus ant odos ir pan.

Antrajai grupei priklauso realaus pavojaus rodikliai – įvairūs toksikologijos parametrai ir jų dariniai. Tarp jų vartojama sąvoka **ūmaus poveikio zona** (Zac). Ūmaus apsinuodijimo išsivystymo požiūriu medžiaga yra tuo pavojingesnė, kuo mažesnis skirtumas tarp koncentracijų (dozių), sukeliančių žūtį. Pavyzdžiui, amoniako Zac > 100 (natūralaus metabolizmo produkto, prie kurio organizmai yra prisitaikę). Ši medžiaga ūmaus apsinuodijimo požiūriu yra mažai pavojinga. Nors, pavyzdžiui, amilo alkoholio poveikio zona yra labai siaura Zac = 3. Tai pavojinga medžiaga, nes gali ūmiai išsivystyti apsinuodijimas.

**Lėtinio poveikio zona** (Zch) susijusi su akumuliacinėmis medžiagų savybėmis, o jos dydis tiesiogiai proporcingas lėtinio apsinuodijimo pavojui.

**Biologinio poveikio zona.** Vidutinės mirtinos dozės (koncentracijos) santykis su ribine doze (koncentracija), sukeliančia lėtinį poveikį. Naudojama apibūdinant nuodų kumuliacines savybes.

**Specifinio / selektyvaus poveikio zona.** Tai vienkartinio poveikio ribos, nustatytos pagal integralius (vieningus) rodiklius, santykis su ūmaus poveikio riba, nustatyta pagal specifinius (sistemų, organų, receptorių) rodiklius. Naudojama apibūdinti specifines nuodų savybes. Žymima Zsp simboliu.

Kokybiniam pramoninių nuodų poveikiui apibūdinti, jų įtakai vienai ar kitai organizmo funkcinėi sistemai įvertinti yra pateikta keletas klasifikacijų. Viena iš jų apibūdinama pramoninių medžiagų minimaliomis efektyviomis dozėmis ir koncentracijomis lėtiniam poveikiui.

#### 4.5. poskyris. Ekologinės rizikos vertinimas

Rizika yra tikimybinė charakteristika grėsmės, kuri kyla nagrinėjamu atveju gamtos aplinkai (ir žmogui) esant galimam antropogeniniam poveikiui arba kitiems reiškiniams, įvykiams. Ekologinės rizikos vertinimo sistemoje bet koks poveikis (gali būti ir cheminis veiksnys arba energijos laukas), sukiantis biologinės sistemos pokyčius (tiek teigiamus, tiek neigiamus), vadinamas stresoriumi. Šia prasme bet koks ekotoksikantas, be abejonės, yra stresorius. Rizikos vertinimo koncepcijoje apimami du elementai: rizikos vertinimas ir rizikos valdymas.

Rizikos vertinimas – tai jos kilmės, įskaitant jos aptikimą, mokslinė analizė, pavojingumo laipsnio konkrečioje situacijoje nustatymas. Taikomojoje ekologijoje rizikos sąvoka susijusi su ekologinių sistemų ir jose vykstančių procesų pavojaus šaltiniais. Prie ekologinių žalos rodiklių (ekologinės rizikos) šiuo atveju priskiriami: biotos (biota – organizmų visuma regione tam tikru laikotarpiu) sunaikinimas, kenksmingas, kartais negrįžtamas poveikis ekosistemai, aplinkos

kokybės pablogėjimas, susijęs su jos tarša, padidėjusi specifinių susirgimų atsiradimo tikimybė, žemės nusavinimas, miškų, ežerų, upių, jūrų (pvz., Aralo jūros) nykimas ir pan.

Rizikos valdymas – tai rizikingos situacijos analizė, valdymo sprendimo, paprastai, norminio akto, skirto sumažinti riziką, būdų rizikos sumažinimui paieškai, kūrimas ir pagrindimas.

Plėtojant rizikos teoriją buvo suformuoti principai, apibūdinantys visuomenės požiūrį į žmogaus sukurtų objektų, ekologinio pavojaus šaltinių, netrikdomo veikimo užtikrinimą:

- nulinės rizikos principas parodo įsitikinimą, jog rizika nebus sukelta;
- nuoseklus artėjimo prie absoliutaus saugumo, t.y. prie nulinės rizikos, principas, kuriuo numanomas tam tikrų alternatyvių struktūrų, technologijų ir pan. tyrimas;
- minimalios rizikos principas, pagal kurį pavojaus lygis nustatomas mažiausias, kokį įmanoma pasiekti, remiantis tuo, jog bet kokios išlaidos siekiant apsaugoti žmones yra pateisinamos;
- subalansuotos rizikos principas, pagal kurį atsižvelgiama į įvairius natūralius pavojus ir antropogeninius poveikius, ištiriama kiekvieno įvykio ir sąlygos, kuriuose žmogui kyla pavojus, rizikos laipsnis;
- priimtinos rizikos principas paremtas santykių „sąnaudos – rizika“, „nauda – rizika“, „sąnaudos – nauda“ analize. Priimtinos rizikos koncepcija kyla iš to, jog visiškas rizikos panaikinimas arba praktiškai neįmanomas, arba ekonomiškai netikslingas. Pagal tai nustatomas racionalus saugumas, pagal kurį optimizuojamos sąnaudos rizikos prevencijai ir nuostolių dydis kilus avarinei situacijai.

Pirmas žingsnis (etapas) vertinant riziką yra pavojaus identifikavimas – realaus pavojaus žmogui, aplinkai nustatymas. Čia didelis dėmesys skiriamas moksliniam tyrimui. Bandant identifikuoti pavojų reikia ieškoti pavojaus signalų, išskirti tokį signalą egzistuojančiame fone.

Identifikuojant pavojų yra svarbūs tyrimų, atrankos (pvz., skirtingų preparatų), skirtingų medžiagų elgsenos aplinkoje modeliavimo, stebėjimo ir diagnostikos (simptomų vertinimo, poveikio pasekmių) metodai.

Visi su vertinimu, diagnostika ir prognoze susiję klausimai turi būti priskiriami stebėjimo sistemai. Diagnostika prasideda nuo nukrypimų stebėjimų – pagal šiuos nukrypimus būtina teisingai nustatyti „ligą“. Praktiškai visi duomenys, gauti atliekant stebėjimus, turi būti vertinami, dažniausiai – diagnostiniu būdu.

Identifikuojant pavojus pirmiausia reikia atsakyti į klausimą, koks tai pavojus, skaičiuojant riziką – koks jo dydis, t.y. būtina nustatyti pavojingo reiškinių tikimybę ir nepalankių pasekmių tikimybę. Norint nustatyti apskaičiuojamąją riziką gali būti naudojamas



prognozavimas, intuicija ir ekstrapoliacija (praeties patirties taikymas prognozuojant). Nagrinėjamame rizikos vertinimo procedūros etape analizė turi būti kokybiška – kuo tikslesnė.

Antras etapas – poveikio vertinimas, arba vertinimas to, kokiais būdais ir kokioje aplinkoje, koku kokybiniu lygiu, koku metu ir kokiai poveikio trukmei esant įvyksta realus ir laukiamas poveikis; tai taip pat gaunamų dozių vertinimas, jei jis galimas, ir asmenų skaičiaus, kurie gauna šį poveikį ir kuriems šis poveikis yra tikėtinas, vertinimas.

Eksponuotos populiacijos skaičius yra vienas iš svarbiausių veiksnių sprendžiant klausimą apie saugos priemonių prioritetus, išskylančių naudojant rizikos vertinimo rezultatus „rizikos valdymo“ tikslais.

Idealiu atveju poveikio vertinimas grindžiamas įvairių aplinkos komponentų (atmosferos oro, oro patalpų viduje, dirvožemio, geriamojo vandens, maisto produktų) faktiniais taršos stebėsenos duomenimis. Tačiau neretai šis būdas neįmanomas dėl didelių išlaidų. Be to, jis ne visada leidžia įvertinti taršos ryšį su jos konkrečiu šaltiniu ir nepakankamas prognozuoti būsimą poveikį. Todėl daugeliu atvejų naudojami atmosferos išmetamųjų teršalų sklaidos, jų nusėdimo dirvožemyje, difuzijos ir teršalų praskiedimo gruntiniuose vandenyse ir (arba) atviruose vandens telkiniuose matematiniai modeliai.

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

Panašūs dėsniumai paprastai išryškėja toksikologiniuose eksperimentuose. Tačiau jų ekstrapoliacija nuo gyvūnų grupės žmonių populiacijai susijusi su per dideliu skaičiumi neapibrėžtumų. Priklausomybė „dozė – efektas“, grindžiama epidemiologiniais duomenimis, yra patikimesnė, tačiau turi savų neapibrėžtumo zonų.

Priklausomybės „dozė – efektas“ vertinimo etapas iš esmės skiriasi vertinant kancerogenus (junginiai, skatinantys navikų susidarymą organizme) ir nekancerogenus. Nekancerogeninių toksinių medžiagų tyrimo metodologija remiasi veikimo ribos koncepcija ir pripažįstama, kad galima nustatyti „referencinę dozę“ (RED) arba referencinę koncentraciją (RFC), kurioms veikiant žmonių populiaciją, įskaitant jos jautrius pogrupius, nesukuriamą riziką išsivystyti kokiems nors pastebimiems kenksmingiems efektams per visą gyvenimą. Analogiškos sąvokos naudojamos kai kuriuose PSO (Pasaulio sveikatos organizacijos) dokumentuose – „leistinas suvartojimas“ (*tolerable intake* – TI).

Vertinant priklausomybę „dozė – efektas“ kancerogenams, kurių veikimas visada nagrinėjamas kaip neturintis ribinės vertės, pirmenybė teikiama vadinamajam *ištiesintam daugiapakopiam modeliui*. Šis modelis pasirinktas kaip unifikuoto ekstrapoliacijos nuo didelių dozių prie mažų dozių metodo pagrindas. Kartu pagrindinis rodiklis apskaičiuojant riziką

žmogaus sveikatai yra vadinamasis nuolydžio faktorius (slope factor), vietoje kurio paprastai naudojama „dozės – efekto“ nuolydžio kreivės 95 % viršutinė patikimumo riba. Nuolydžio faktorius išreiškiamas (mg/(kg diena))<sup>-1</sup> ir yra rizikos, kylančios prie vienos kancerogeno dozės, matas. Pavyzdžiui, jeigu kažkoks žmogus kiekvieną dieną per visą gyvenimą gauna 0,02 (mg/(kg diena))<sup>-1</sup> kancerogeno dozės poveikį, tai padidėjusi rizika, gaunama dauginant dozę iš nuolydžio faktoriaus, įvertinama  $4 \times 10^{-5}$  dydžiu. Kitaip tariant, pripažįstama tikimybė atsirasti keturiems papildomiems vėžio atvejams 100 000 asmenų populiacijai, gaunančiai tokio lygio poveikį.

Galutinis rizikos vertinimo procedūros etapas – rizikos charakteristika – yra prieš tai buvusių etapų rezultatas. Jis apima galimų ir išaiškintų žmogaus sveikatos būklės nepalankių efektų vertinimą; kancerogeninių efektų rizikos vertinimą, bendrųjų toksinių efektų išsivystymo pavojaus koeficiento nustatymą, vertinimo neapibrėžtumų analizę bei charakteristiką ir visos rizikos vertinimo informacijos apibendrinimą.

Rizikos dydis nustatomas kaip žalos dydžio I ir įvykio i, sukeliančio tą žalą, tikimybės W sandauga.

Kadangi rizikos vertinimo procedūra sudėtinga ir didžiąja dalimi nukenčia dėl neapibrėžtumo, siekiant standartizuoti tyrimus, JAV aplinkos apsaugos agentūra (EPA) sukūrė ir patvirtino tokių darbų atlikimo planą. Jame pateiktas nuoseklus uždavinio sprendimo aprašymas, atsižvelgiama į neapibrėžtumus ir prielaidas, daromas siekiant gauti kažkuriuo lygiu unifikuotą apytikslę informaciją apie nepalankaus ekologinio efekto išsivystymo tikimybę.

Pagal šį planą ekologinės rizikos vertinimas apima:

- 1) problemos suformulavimą ir situacijos analizės plano sukūrimą;
- 2) ekologinės situacijos analizę;
- 3) duomenų apdorojimą, išvadų formulavimą ir medžiagos pateikimą užsakovui.

Paprastai, ekologinės rizikos vertinimas vykdomas kaip užsakomasis tyrimas, atliekamas siekiant gauti informacijos, turinčios perspektyvinį arba retrospektyvinį pobūdį, kuris būtinas užsakovui (įstatymų leidžiamoji, valdymo struktūros ir pan.) priimant administracinį sprendimą. Todėl, skirtingai nuo mokslinių ekotoksikologinių tyrimų, kurių eigoje nagrinėjami objektyvūs biocenozės reakcijų į jutiklio veikimą dėsninukai, nustatant ekotoksinę riziką aplinkos objektams, kurie yra tiriami ir „saugomi“, gali atsirasti biosistemos charakteristikos, turinčios antropocentrinę reikšmę, o kartais ir atskiri žmogų supančios gamtos aplinkos elementai, kurie, visuomenės nuomone, subjektyviai vertinami kaip labai reikšmingi.

Ekologinės rizikos vertinimo metodologija nėra iki galo baigta. Daugeliu atvejų išvados yra kokybinio, aprašomojo pobūdžio. Bandymai įdiegti kiekybinio vertinimo metodus susiduria su rimtais sunkumais. Tai lemia ekosistemų sudėtingumas, stresorių kompleksinis poveikis

aplinkai (ne tik cheminės, bet ir fizikinės, ir biologinės prigimties), nepakankamai iširtos didelio kiekio žmonių naudojamų ksenobiotikų ekotoksinio pavojingumo charakteristikos ir t.t.

#### **4.6. poskyris. Potencialiai toksinių medžiagų atsiradimo aplinkoje šaltiniai**

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 žmogaus ūkinės veiklos. Biosferos cheminės taršos šaltiniais tapo beveik visos pramonės įmonės, transportas, visos didesnės ir mažesnės gyvenvietės, poilsio (rekreacijos) zonos, dideli gyvulininkystės kompleksai, dirbamosios žemės teritorijos.

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 liko tūkstančiai tonų metalo. Bendras ginkluotųjų pajėgų poveikis aplinkai taikos metu prilygsta vienos vidutinio dydžio pramonės šakos poveikiui (apie 4% visų šalinamų nuotekų ir 1,2% išmetamų teršalų į atmosferą).

Tarp žmogaus sukeltų gyvenamosios aplinkos pokyčių didžiausią rūpestį kelia jos užterštumas pramoninėmis ir buitinėmis atliekomis. Didžiulį pavojų kelia įvairios prigimties toksinės medžiagos iš pramoninių atliekų (panaudotas liejimo smėlis, skalūnų perdirbimo atliekos, naftos šlamos (smulkių dalelių mišinys su vandeniu), galvaninis šlamos, naftos atliekos ir pan.)

## **5 SKYRIUS. ĮVAIRIŲ VANDENS TELKINIŲ TIPŲ HIDROCHEMIJOS YPATUMAI**

### **5.1. poskyris. Upės**

Upių hidrocheminis režimas apibūdinamas šio tipo vandens telkiniams būdingomis ypatybėmis. Upėms būdingas takumas, dėl kurio greitai keičiasi vanduo. Šis pagrindinis

veiksnyms ir kitos dėl jo kylančios pasekmės nulemia vandens fizikines savybes ir cheminę sudėtį bei biologinį telkinio gyvenimą. Upių gyventojams didžiausią įtaką darantys abiotiniai veiksniai: vandens lygio režimas, tėkmės greitis, skaidrumas, temperatūra ir druskų sudėtis vandenyje.

Vandens telkinio vandens 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.

Upės lygis pakyla dėl staigaus lietaus, sniego ar ledyno maitinimo padidėjimo. Poplūdžio metu upės tėkmės greitis žymiai padidėja. Todėl vandens tekėjimas upėse yra turbulentiškas ir susidaro įvairiausi sūkuriai, todėl vyksta energingas vandens masės maišymasis ir temperatūros režimo bei cheminės sudėties suvienodėjimai.

Upės maitinimo pobūdis, jos dydis ir rajono, kuriame ji teka, klimatas labai veikia temperatūrinį režimą. Kadangi vanduo upėse intensyviai maišosi, vandens 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, kurių temperatūra skiriasi, įtekėjimo. 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 uolienu. Todėl mažiausias skaidrumas būna esant poplūdžiams, o didžiausias – nuosėkio (nuosėkis – įprastinis upės nusekimo laikas) metu. Kalnų upių, kurios teka neišplaunamomis uolienomis bei yra neturtingos planktonu, vandens skaidrumas paprastai yra didelis.

Upių vandenų cheminę sudėtį lemia šie pagrindiniai veiksniai – upės takumas ir maitinimas. Dėl upių takumo jų vandenys, palyginti su kitų vandens telkinių vandenimis, yra mažai arba vidutiniškai mineralizuoti.

Pagal mineralizacijos lygį upės skirstomos į šias grupes:

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

Upių mineralizacijai didelę įtaką daro krituliai. Sausringų rajonų upės pasižymi didesne vandens mineralizacija, o tropinių ir vidutinių platumų, kur yra didelis kritulių kiekis, upių vandenų mineralizacija yra maža.

Dauguma Vakarų Europos upių pagal klasifikaciją, kurią pasiūlė O.Alekinas (1970), priklauso hidrokarbonatinių vandenų klasei, kalcio grupei.

Tuo pačiu metu upių vandenų, ypač nedidelių ir vidutinių upių, cheminė sudėtis bendros mineralizacijos požiūriu ir pagal jonų santykį yra labai dinamiška. Vandens cheminės sudėties kitimas laike priklauso nuo upės maitinimo, kuris kinta metų eigoje, pobūdžio. 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 masiškai plūsteli pavasarinis polaidžio vanduo pavasarinio poplūdžio metu.

Metų eigoje vyrauja tai vienas, tai kitas upės vandens maitinimo tipas, todėl vandens cheminė sudėtis yra sezoniška.

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, kitimo. Tai visų pirma susiję su vandenyje ištirpusių dujų ir biogeninių elementų kiekiais.

Biogenų kiekis upėse smarkiai skiriasi priklausomai nuo upių pobūdžio ir metų laiko. Fosfatų kiekis lygumų upėse sudaro dešimtąsias ir šimtąsias miligramo dalis 1 litre. 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 hidrobiontų gyvenimui. Upei užšalus deguonies koncentracija vandenyje sumažėja ir prieš ledonešį pasiekia minimumą. Kai kuriose upėse dėl gamtos veiksnių, kitose – dėl taršos pramoninėmis ir buitinėmis nuotekomis vandenyje ištirpusio deguonies koncentracija pasiekia tokias mažas reikšmes, kad daugelis žuvų ir kai kurie bestuburiai gyvūnai praktiškai negali išgyventi.

## 5.2. poskyris. Ežerai

Ežerai – tai uždari vandens telkiniai, užpildantys skirtingo dydžio ir formos duburius. Ežerų duburių kilmė įvairi. Jie gali būti tektoninės, karstinės, eolinės ir ledyninės kilmės. Paprastai ežero duburį suformuoja ne koks nors vienas veiksnys, formuojantis sausumos įdubas.

Tektoninės kilmės duburiai dažnai būna užbaigti formuoti ledyno, neretai moreniniai ežerai yra veikiami upinės erozijos.

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 didžiąja dalimi lemia ir vandens mineralizacijos lygį, o daugeliu atvejų ir ežero vandens cheminės sudėties pobūdį.

Ežerų vandens cheminė sudėtis susijusi su intakų ir ežerus maitinančių požeminių vandenų sudėtimi. Taip pat, kaip ir upėse, ežerų vandenyse vyrauja  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ir  $\text{Mg}^{2+}$  jonai. Daugelyje gėlųjų ežerų yra tik nedideli  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  ir  $\text{K}^+$  jonų kiekiai. Nemažai atvejų, kai ežero vandens cheminė sudėtis gali gerokai skirtis nuo jį maitinančios upės vandens sudėties.

Didelę įtaką ežero hidrocheminiam režimui daro jo plotas, gylis ir tūris. Dideli ežerai, akumuliuojantys mažai mineralizuotus poplūdžių vandenį, dažniausiai pasižymi mažesne mineralizacija nei nedideli ežerai. Jų joninė sudėtis taip pat mažiau priklauso nuo metų laikų kaitos, kai tuo tarpu mažų 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 paviršius 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 litre vandens. Ežeruose, turinčiuose nuotėkį, atskirais 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 nenutrūkstamai kinta. Sezoniniai ežero vandens joninės sudėties pokyčiai daugiausia kyla dėl 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 vandeninumas yra reikšmingas, vandens mineralinė sudėtis priklausomai nuo sezono gali labai svyruoti.

Atsižvelgiant į ežero ypatumus (plotą, gylį, pratakumą), jo vandens cheminė sudėtis gali skirtis skirtingose vietose ir skirtingame gylyje. Vandens cheminės sudėties nevienalytiškumo priklausomai nuo gylio priežastys yra vandens temperatūros kitimas keičiantis gyliui bei skirtingas fizikinių, cheminių ir biologinių procesų, vykstančių paties ežero vandens masėje,



intensyvumas. Biologinių procesų, vykstančių skirtingame gylyje, intensyvumo skirtumai nulemia ir vandenyje ištirpusių dujų ir biogeninių elementų kieki.

Organinis ežero gyvenimas, stipriai veikiantis jo hidrocheminį režimą, 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 A.Thienemanno ir E.Naumano klasifikacija, kurios pagrindą sudaro trys rodikliai: ežero morfometrija; mineralinių maistinių medžiagų N, P, Si, Fe ir 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 didesnis kiekis biogeninių medžiagų. Vasarą tokiuose ežeruose vyksta intensyvus fitoplanktono vystymasis, dėl to paviršiniuose gilių ežerų sluoksniuose dažnai susidaro perteklinis deguonies kiekis, o prie dugno – gan žymus deguonies trūkumas.

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

Egzistuoja ir kitokios ežerų klasifikacijos, viena iš tokių – terminė.

### 5.3. poskyris. Tvenkiniai

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

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

Vandens telkinys – aušintuvas – tai tvenkinys, specialiai sukurtas siekiant sumažinti termofikacinių (TE) ir atominių (AE) elektrinių šilumos perdavimo įrangos (kondensatorių) aušinimo sistemose naudojamo vandens temperatūrą. Telkiniai – aušintuvai sukuriama paverčiant nedidelį ežerą į daubos tipo tvenkinį, atskiriant didelio telkinio akvatorijos dalį užtvanka arba pažemintą salpos (upės slėnio, užliejamo per potvynius) dalį – pylimu. 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 gražinamo vandens kiekio ir jo temperatūros. Gražinamo 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 nepasidengia ledu. Pašildyto vandens plitimo zonoje neretai pasikeičia vandens organizmų bendrijos sudėtis dėl padidėjusios hidrobiontų rūšių įvairovės. Čia suintensyvėja vandens augalų fotosintezė, padidėja fitoplanktono (iki 400 mg/l ir daugiau), mikrofitoplanktono biomasė (iki 4-5 kartų) ir makrofitų (1,5-2 kartus) biomasė.

#### 5.4. poskyris. Žuvivaisos tvenkiniai

Dideliu savitumu išsiskiria tvenkinių, naudojamų žuvų veisimui, hidrocheminis režimas, kadangi tai santykinai maži telkiniai su nedideliu vandens veidrodžio plotu, reguliariai nusausinami skirtingais metų laikais. Žuvivaisos tvenkinių dirvožemiui ir vandeniui poveikį daro žmogaus ūkinė veikla. Dėl intensyvumo skatinimo priemonių taikymo ir, svarbiausia, dėl trąšų naudojimo tvenkinyje padidėja ne tik biogeninių medžiagų kiekis, bet ir dėsningai pasikeičia hidrocheminis tvenkinių režimas: padidėja vandens vandenilio rodiklis; padidėja deguonies kiekis (šviesiu paros metu); keičiasi fizinės vandens savybės, pavyzdžiui, padidėja jo spalvotumas, sumažėja skaidrumas. Padidėja vandens oksidacija.

Dėl didelio žuvų kiekio laikymo ploto vienetu ir su tuo susijusio intensyvaus šėrimo, tvenkiniai tampa savitais telkiniais su specifiniu hidrocheminiu režimu. Dėl intensyvios tvenkinių eksploatacijos paprastai pažeidžiama biotinė tvenkinio ekosistemos pusiausvyra, tai sukelia daug nepageidaujamų pasekmių, tarp jų – ir žuvų dusimo.

Pagrindinė tokių tvenkinių ypatybė yra nenutrūkstamai į vandenį patenkanti lengvai yrant organinė medžiaga – pašarų likučiai ir žuvų ekskrementai. Organinių likučių irimas sustiprina oksidavimo procesus. Kelis kartus išauga deguonies poreikis metabolizmo produktams mineralizuoti. Todėl deguonies kiekis per parą stipriai svyruoja. Rytinėmis valandomis gali būti pastebimas deguonies trūkumas.

Deguonies trūkumas gali kilti ir dėl paros fotosintezės intensyvumo pokyčių, dėl to stipriai apribojami destruktiniai procesai (organinių likučių irimas). Kita vertus, karpių rausimasis sukeliant dumblą (ieško maisto) prisideda prie greitos dugno nuosėdų mineralizacijos.

Regeneruojant organinėms medžiagoms didėja biogeninių elementų kiekis, todėl neretai tvenkiniai labai žydi, net naudojant mineralines trąšas.

Intensyviai eksploatuojamuose tvenkiniuose azoto ir fosforo kiekis priklauso ir nuo daugelio kitų veiksnių, tačiau labiausiai priklauso nuo meteorologinių sąlygų.

Melioracijos darbai tvenkiniuose (nusausinimas žiemos periodu, vasarą ir kita veikla) taip pat daro didelį poveikį vandens cheminei sudėčiai. Tokiu būdu žuvivaisos tvenkinių hidrocheminį režimą, skirtingai nuo ežerų ir dirbtinių vandens telkinių hidrocheminio režimo, gali reguliuoti žmogus, ir šis režimas yra stipriai priklausomas nuo laikomos žuvies tankio.

## 6 SKYRIUS. HIDROCHEMINIŲ RODIKLIŲ VALDYMO YPATUMAI UŽDAROSIOSE RECIRKULIACINĖSE SISTEMOSE

Akvakultūros auginimo uždarosiose 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, temperatūrinio, hidrocheminio ir deguonies režimų reguliavimo. Gebėjimas tiksliai nustatyti vandens aplinkos rodiklius bei galimybė juos valdyti nulemia sistemos bendrąjį produktyvumą, kuris vertinamas pagal galutinę žuvies produkciją.

### 6.1. poskyris. Biologinio valymo procesai

Uždarosiose recirkuliacinėse sistemose (URS) mechaninis filtras nepašalina visų organinių medžiagų. Pačios mažiausios dalelės, tokios kaip fosfatas arba azotas, pereina per filtrą taip pat kaip ir ištirpusios medžiagos. Fosfatas yra inertinė medžiaga, neturinti toksinio poveikio, bet laisvosios formos amoniako ( $\text{NH}_3$ ) azotas yra toksiškas, todėl biofiltre turi būti paverstas nekenksmingu nitratu. Organinių medžiagų ir amoniako skaidymas yra biologinis procesas, kurį įgyvendina biofiltro bakterijos. Heterotrofinės bakterijos yra tokios, kurios oksiduoja organines medžiagas, naudodamos deguonį ir pagamindamos anglies dvideginį, amoniaką ir šlamą.

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 žuvies rūšies ir nustatoma ne taip, kad būtų užtikrintas optimaliausias nitrifikacijos greitis, bet kad būtų užtikrinamos optimalios ribos žuvies augimui. 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 ( $\text{NH}_3$ ) kiekio didėjimą, dėl kurio padidėja toksinis poveikis. Taigi būtina rasti pusiausvyrą tarp šių dviejų priešingų pH reguliavimo tikslų. Rekomenduojama pH vertė yra tarp 7 ir 7,5.

$\text{CO}_2$  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 ( $\text{H}^+$ ), mažinanti pH lygį. pH stabilizavimui reikia pridėti kokios nors bazės. Šiuo tikslu į vandenį dedama kalkių, natrio hidroksido arba kitos bazės.

Žuvis išskiria amoniako ir amonio mišinį (bendrasis amonio azotas (TAN) = amonis ( $\text{NH}_4^+$ ) + amoniakas ( $\text{NH}_3$ )); didžiąją šių išskyrų dalį sudaro amoniakas. Paprastai amoniakas yra toksiškas žuvims, kai jo kiekis viršija 0,02 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. Nitritas ( $\text{NO}_2^-$ ) susidaro tarpinėje nitrifikacijos proceso stadijoje ir yra toksiškas žuvims, kai jo lygis viršija 2 mg/l. Jeigu žuvis, laikomos URS, gaudo orą, nors deguonies koncentracija yra tinkama, to priežastis gali būti būtent didelė nitrito koncentracija. Esant didelėms koncentracijoms nitritas per 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.

Nitratai yra galutiniai nitrifikacijos proceso produktai ir, nors ir laikomi nekenksmingais, didesni kiekiai (daugiau nei 100 mg/l) gali neigiamai paveikti augimą ir šėrimo efektyvumą. Tokiais atvejais nitratų koncentraciją galima sumažinti denitrifikuojant. Normaliomis sąlygomis, kai sunaudojama daugiau nei 300 l vandens vienam kilogramui naudojamo pašaro, to užtenka, kad būtų atskiestas nitratas. Jeigu sunaudojama mažiau nei 300 l vandens vienam sunaudoto pašaro kilogramui, tai reikėtų apsvarstyti galimybę naudoti denitrifikaciją.

Denitrifikacija – tai anaerobinis (vykstantis be deguonies) procesas, kurio metu nitratas paverčiamas atmosferiniu azotu. Iš esmės, šio proceso metu azotas yra pašalinamas iš vandens į atmosferą. Šiam procesui reikalingas organinės medžiagos (anglies) šaltinis, pavyzdžiui, medienos alkoholis (metanolis), kurio dedama į denitrifikacijos kamerą. Praktikoje vieno nitrato kilogramo ( $\text{NO}_3^-$ -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 plastmasinis užpildas, turintis didelį paviršiaus plotą, tenkantį vienam biofiltro tūrio vienetui. 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 eksploatuojant nepersipildytų organine medžiaga. Todėl svarbu turėti daug laisvos erdvės, per kurią galėtų tekėti vanduo, būtų gera tėkmė per biofiltrą ir tinkama atvirkštinio plovimo procedūra.

Atvirkštinis plovimas turi būti atliekamas tinkamais laiko intervalais (kartą per savaitę ar mėnesį), priklausomai nuo filtro apkrovos. Suspaustu oru filtre sukuriama turbulencija, kuri atplėšia organinę medžiagą nuo užpildo. Plovimo metu vanduo atjungiamas nuo biofiltro. Nešvarus vanduo išleidžiamas iš biofiltro ir pašalinamas, tada biofiltras vėl prijungiamas prie sistemos.

URS biofiltrai gali turėti plaukiojančią arba stacionarią įkrovą. Visi biofiltrai, dabar naudojami recirkuliacijoje, eksploatavimo metu visiškai panardinami į vandenį. Filtruose, turinčiuose stacionarią įkrovą, plastmasinis užpildas yra užfiksuotas ir nejuda. Vanduo teka per jį laminarine tėkme ir liečiasi su bakterine plėvele. Filtruose, turinčiuose plaukiojančią įkrovą, plastmasinis užpildas juda vandenyje, esančiame biofiltro viduje, dėl tėkmės, kurią sukuria į vidų pučiamas oras. Dėl nuolatinio užpildo judėjimo filtrai su plaukiojančia įkrova gali būti užpildyti sandariau nei filtrai su stacionaria įkrova, 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 abiejų tipų filtruose yra daugiau ar mažiau vienodas. Kita vertus, filtrai su stacionaria įkrova pašalina ir smulkias organines daleles, kadangi jos prilimpa prie bakterinės plėvelės. Todėl filtrai su stacionaria įkrova veikia kaip smulkūs mechaniniai filtrai, pašalinantys mikroskopinio dydžio organines medžiagas ir išvalantys vandenį labai efektyviai. Filtruose su plaukiojančia įkrova 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, naudojant plaukiojančią įkrovą dėl vietos taupymo, o stacionarią – dėl dalelių

sulaikymo paviršiuje efekto. Galimi įvairūs biofiltravimo sistemų galutiniai sprendimai, priklausomai nuo ūkio dydžio, žuvivaisos objektų, žuvų dydžio ir pan.

Siekiant intensyvaus žuvų auginimo ir nenutrūkstamo biologinio filtro darbo režimo, reikia atsižvelgti ne tik į pH reikšmes, bet ir į tokius veiksnius kaip vandens šarmingumas, kietumas, suspenduotų kietųjų dalelių, sulfatų, chloridų kiekis, nitratų ir nitritų kiekis.

Vienas iš svarbiausių veiksnių tolesniam uždarnosios 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 yra 22-24 °C, pH 6,6-7,5, o vandenyje ištirpusio deguonies koncentracija – 7 mg/l.

## 6.2. 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 anglies dioksido dujų, susikaupiančių dėl žuvų ir biofiltro bakterijų kvėpavimo, taip pat yra laisvojo azoto (N<sub>2</sub>).

Anglies dioksido ir azoto kaupimasis neigiamai veikia žuvų sveikatą ir augimą. Anaerobinėmis sąlygomis gali susidaryti vandenilio sulfidas, ypač – sistemose su jūros vandeniu. 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. Oro burbuliukams turbulentiškai susiliečiant su vandeniu pašalinamos dujos. Ši povandeninės aeracijos sistema tuo pačiu metu gali judinti vandenį, pavyzdžiui, naudojant sistemą su aeraciniu šuliniu.

Tačiau sistema su aeraciniu šuliniu yra mažiau efektyvi šalinant dujas nei sistema, turinti lašelinį filtrą. Sistemoje, turinčioje lašelinį filtrą, 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 – tai vadinamasis nuvalymo procesas. Lašelinis filtras dažnai vadinamas „CO<sub>2</sub> nuvalymo kolona“.



### 6.3. 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 žuvys (kvėpuoja), jis sunaudojamas žuvų metaboliniams produktams mineralizuoti, 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 žuvims optimalus vandens prisotinimas deguonimi yra 70-85 %.

Didesnis žuvų suvartojamas deguonies kiekis po šėrimo yra susijęs su padidėjusia judėjimo veikla maitinantis ir maisto virškinimu. Atsižvelgiant į žuvies suvartojamo deguonies pokyčius per parą, galima užtikrinti papildomą deguonies tiekimą, kai deguonies suvartojimas intensyvesnis, tokiu būdu optimizuojant auginimo procesą.

Erškėtinės žuvys nėra tokios reiklios deguonies kiekiui kaip šaltamėgės žuvys ir lengvai pakelia jo koncentracijos sumažėjimą iki 3-4 mg/l. Vis dėlto reikia pažymėti, kad ilgiau laikant žuvis tokiomis sąlygomis yra slopinamas augimas ir vystymasis. Kai žuvis laikomos didelio tankio sąlygomis, būtina užtikrinti papildomo deguonies tiekimą, tam naudojant įvairius apytakinio vandens oksigenacijos būdus.

Aeracijos metu į vandenį patenka tam tikras deguonies kiekis dėl paprasto dujų apsikeitimo vandenyje ir ore, priklausomai nuo vandens prisotinimo deguonimi. Pusiausvyros būsenoje vandens prisotinimas deguonimi sudaro 100 %. Kai vanduo teka per žuvivaisos baseinus, deguonies kiekis sumažėja, paprastai iki 70 %, o biofiltruose jo kiekis tampa dar mažesnis. Paprastai, tokio vandens aeracija prisotinimą deguonimi padidina iki apytiksliai 90 %; o kai kuriose sistemose gali pasiekti ir 100 %. Tačiau dažnai pageidautina, kad tiekiamame vandenyje prisotinimas deguonimi viršytų 100 % ir galimo greitai gauti deguonies kiekis būtų pakankamas aukštam ir stabiliam žuvies augimo tempui palaikyti.

Norint pasiekti aukštesnį prisotinimo deguonimi lygį, reikalinga oksigenacijos sistema, naudojanti gryną deguonį. Grynas deguonis dažnai tiekiamas į baseinus skystąja 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 %. Paprastai naudojami deguonies kūgiai arba šachtiniai oksigenatoriai.

Principas yra toks pat. Vanduo ir grynas deguonis susimaišo veikiami slėgio, užtikrinančio deguonies perėjimą į vandenį. Deguonies sotinimo kūgyje slėgis palaikomas siurbliu, kuris paprastai kūgyje sukuria apie 1,4 baro slėgį. Tiekiant vandenį į kūgį su slėgiu

sunaudojama daug deguonies. Šachtinio tipo oksigenatoriuose slėgis sukuriamas įkasant į žemę kilpos formos vamzdį, pavyzdžiui, į 6 m gylį, ir tiekiant deguonį šios kilpos apatiniame taške. Dėl aukščiau esančio vandens stulpelio slėgio, šiuo atveju 0,6 baro, užtikrinamas deguonies perėjimas į vandenį. Šachtinių oksigenatorių privalumas yra mažos sąnaudos vandens perpumpavimui, tačiau jų įrengimas yra sudėtingas ir brangesnis.

#### 6.4. poskyris. Ultravioletinė spinduliuotė

UV dezinfekcija paremta šviesos bangos ilgio taikymu siekiant suardyti biologinių organizmų DNR. Akvakultūroje UV spinduliuotė naikina patogenines bakterijas ir vienaląsčius organizmus. Šis apdoravimo UV spinduliais metodas jau dešimtmečius naudojamas medicinos tikslais ir jis nedaro poveikio žuvims, kadangi 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 efektyvus mechaninis filtravimas kombinuojamas su kruopščiu biologiniu filtravimu, efektyviai šalinančiu organines medžiagas iš panaudoto vandens ir sudarančiu sąlygas UV spinduliuotei veikti dar efektyviau.

UV dozė gali būti išreikšta skirtingais vienetais. Vienas iš plačiausiai naudojamų yra matavimas mikrovatsekundėmis, tenkančiomis  $\text{cm}^2$  ( $\text{mkW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ ). Efektyvumas priklauso nuo naikinamų organizmų dydžio ir rūšių bei vandens drumstumo. Vykstant bakterijų ir virusų kontrolę vandenį reikia apdoroti apytiksliai  $2000\text{--}10000 \text{ mkW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ , kad būtų sunaikinta 90 % organizmų; grybams reikia  $10000\text{--}100000 \text{ mkW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ , o mikroskopiniams parazitams –  $50000\text{--}200000 \text{ mkW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ .

Norint pasiekti maksimalų efektyvumą, UV švitinimas, naudojamas akvakultūrai, turi veikti po vandeniu; lempų, įtvirtintų virš vandens, dėl atspindžio nuo vandens paviršiaus poveikis bus nereikšmingas arba jo iš viso nebus.

#### 6.5. poskyris. Ozonas

Dabar ozonas ( $\text{O}_3$ ) retai naudojamas pačioje žuvininkystėje, kadangi jo perdozavus žuvims gali būti padaryta didelė žala. Žuvininkystės ūkiuose, įkurtuose patalpose, 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.



temperatūros režimas yra nuo 19°C iki 24°C. Tuomet vyksta intensyvus pašaro vartojimas ir pasisavinimas, taip pat padidėja žuvų augimo greitis.

Renkantis optimalią temperatūrą bet kokios rūšies hidrobiontų auginimui uždaruose 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 %, palyginti su pradiniu lygiu. Mažėjant vandens temperatūrai amonio oksidacija sumažėja. Dideli temperatūros pokyčiai neigimai veikia ir žuvų augimą.

Į sistemą tiekiamo vandens naudojimas yra santykinai paprastas būdas kasdieniam temperatūros reguliavimui. Uždengtos URS, esančios viduje pastato, turinčio šilumos izoliaciją, vandenyje pamažu kaupiasi šiluma, kadangi dėl žuvų metabolizmo ir bakterijų veiklos biofiltre išsiskiria šilumos energija. Šiluma taip pat kaupiasi 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 kiekio ir jo temperatūros, nors pastatas taip pat praranda tam tikrą šilumos kiekį. Kai kuriais atvejais galima įrengti šilumos rekuperatorių, sudarytą iš plokštelinio šilumokaičio, pagaminto iš titano. Panaudotas URS vanduo, tekėdamas per plokštelinį šilumokaitį, pašildo (arba atšaldo) į sistemą tiekiamą vandenį. Sistema reguliuojama vandens temperatūros jutikliu, sujungtu su temperatūros valdymo bloku, kuris reguliuoja titaninio plokštelinio šilumokaičio darbą.

Literatūroje yra aprašyta patirtis kuriant specialų mikroklimatą moduliniuose kompleksuose, palaikant optimalią patalpų oro ir vandens žuvivaisos baseinuose temperatūrą, naudojant "split" sistemas.

## 6.8. poskyris. Stebėjimo, kontrolės ir signalizacijos sistema

Siekiant palaikyti žuvims optimalias sąlygas intensyvioje žuvininkystėje 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 (nukrypimo) ribų, paleidimo / sustabdymo procesu bandoma išspręsti problemą. Jeigu problema neišsprendžia automatiškai, įjungiamas 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 vandens parametrus rankiniu būdu.

Kaip bebūtų, nė viena sistema neveikia be ūkyje dirbančių žmonių priežiūros. Todėl kontrolės sistemoje turi būti įrengta signalizacijos sistema, išskviečianti darbuotojus, jeigu įvyksta rimtų nesklandumų. Rekomenduojama, kad reagavimo laikas būtų mažiau nei 20 min., net tuomet, kai yra automatiškai įsijungiantis atsarginis maitinimo šaltinis.

## 6.9. poskyris. Avarinės sistemos

Gryno deguonies rezervo naudojimas yra svarbiausia atsargumo priemonė. Šią sistemą yra nesunku įrengti, ji sudaryta iš gryno deguonies saugojimo bako ir paskirstymo sistemos su purkštukais, įrengiamais kiekviename baseine. Nutrūkus elektros tiekimui, atsidaro elektromagnetinis vožtuvas, suspaustas deguonis pradeda tiekti į visus baseinus ir žuvis išsaugomos gyvos.

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, įrengus svarbiausią – atsarginę deguonies tiekimo sistemą. Svarbu apytiksliai per valandą atkurti vandens tėkmę.

Geriausia, kad recirkuliacijoje naudojamas vanduo būtų imamas iš šaltinio, kuriame nėra ligų sukėlėjų, arba vanduo turi būti sterilizuojamas prieš teikiant jį į sistemą. Daugeliu atvejų geriau yra naudoti vandenį iš gręžinio, šulinio ar kito panašaus šaltinio, o ne tiesiogiai imti iš upės, ežero ar jūros.

## 7 SKYRIUS. BIOPRODUKINIŲ PROCESŲ HIDROCHEMINĖ BIOINDIKACIJA

Hydrocheminės charakteristikos priklauso (ir glaudžiai siejasi) nuo bioprodukcinių procesų, visų pirma nuo fitoplanktono fotosintezės intensyvumo. 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 (cheminio deguonies gerinimo), biocheminio deguonies suvartojimo (BDS) laiko ir erdvinius pokyčius. Ypač svarbu žinoti santykius tarp hidrocheminių rodiklių, pavyzdžiui, tarp deguonies ir anglies dioksido, BDS ir oksidacijos, paros destrukcijos dydžio ir BDS<sub>5</sub>. Nurodant bioprodukcinius procesus didelę reikšmę turi duomenys apie deguonies ir oksidacijos paros ir sezoninių pokyčių amplitudes, biogeninius elementus, vertikalaus ir horizontalaus šių charakteristikų pasiskirstymo gradiento dydį. Galutiniame etape apskaičiuojamas biotinis balansas, organinės medžiagos balansas, atsižvelgiant į visas (biotines ir abiotines) jo dedamąsias, ir biogeninių elementų balansas.

### 7.1. 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 deguonies absoliutus kiekis (mg/l) paviršiniuose vandens sluoksniuose pavasarį ir rudenį yra didesnis nei vasarą.

Tačiau daugeliu atvejų, pirmiausia produktyviuose (eutrofiniuose ir mezotrofiniuose) vandens telkiniuose, fotosintezės ir biocheminiai procesai keičia šį dėsnį. Atskirose vandens telkinio dalyse dėl aktyvios fitoplanktono gyvybinės veiklos atsiranda didesnės deguonies koncentracijos zonos, o kitose pastebimas deguonies kiekio sumažėjimas dėl intensyvios organinės medžiagos oksidacijos.

Paviršinių vandenų (fotinio sluoksnio vandenų) persotinimas deguonimi 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 vasarą ir rudenį, taip pat pavasarį, sparčiai augant vienaląsčiams rudiesiems (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 – kad vyrauja oksidacijos procesai.

Produktyvių rajonų nustatymas pagal šiuos rodiklius yra pakankamai pagrįstas ir patvirtintas daugelio metų tyrimais skirtingo tipo vandens telkiniuose. Paprastai, rajonuose, kuriuose vanduo yra persotintas deguonies, susikaupia daug planktoninių organizmų ir žuvų mailiaus. Gaunamos išvados bus dar tikslesnės, jeigu skaičiuojant bioprodukcinių porocesių intensyvumą kaip pagrindas bus imamas skirtumas tarp išmatuoto, ištirpusio vandenyje, deguonies kiekio ir deguonies kiekio, atitinkančio jo šimtaprocentinį prisotinimą, esant konkrečioms fizikinėms – cheminėms sąlygoms.

Fitoplanktono organinės medžiagos destrukcija vidutiniškai lygi 40 % suminio bendro deguonies suvartojimo kiekio (BDS) dydžio.

Fotinio sluoksnio storis nustatomas pagal gylį (horizontą), kuriame vandens prisotinimas deguonimi lygus 100 %. Tai reiškia, kad du priešingų krypčių procesai – sintezė ir organinės medžiagos destrukcija – vyksta vienodu intensyvumu. Kitaip tariant, tai kompensacinis taškas (tiksliau – sluoksnis). Kompensacinio sluoksnio gylis artimas dvigubam skaidrumo dydžiui pagal Sekki (Secchi) diską (prietaisas vandens skaidrumui nustatyti).

Jeigu deguonies kiekis paviršiniuose vandens sluoksniuose artimas 100 % ir nėra didelių deguonies 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 % ir esant nedideliems paros svyravimams, organinės medžiagos destrukcija yra intensyvesnė nei fotosintezės procesai. Dominuoja alochtoninė (nevietinė) 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. Kartais, didėjant deguonies kiekiui, didėja hidrobiontų masė (zooplanktonų, bentoso, žuvų).

Norint įvertinti vandens kokybę intensyviai auginant prekinę žuvį, įvertinamas specifinis deguonies suvartojimas – SDS ( angl. specific oxygen consumption, SOC).

Kartu BDS, kaip destrukcijos intensyvumo rodiklis, yra nepakeičiamas kokybiškai ir kiekybiškai apibūdinant organinę medžiagą, skaičiuojant pirminę produkciją, reiškia, ir vertinant bendrą vandens telkinių bioproduktyvumą. Ypač svarbu žinoti paros destrukcijos (BDS<sub>1</sub>) santykio su bendru BDS dydį per trumpą laikotarpį (3 ir 6 paras). BDS duomenys gali būti naudojami nustatant organinės medžiagos produkciją vandens telkinyje.

Per trumpą inkubavimo laikotarpį (iki 20 parų) BDS parodo nuo organinės medžiagos ir ypač – nuo jos lengvai pasisavinamos dalies kokybinės sudėties priklausomų bakterijų gyvybinės veiklos aktyvumą. Kuo daugiau fitoplanktonas pagamina organinių medžiagų, tuo didesnis bakterijų skaičius ir bendras BDS.

Apskaičiuotos BDS reikšmės gali būti naudojamos tipizuojant vandens telkinius. Kai BDS 1,2-3,7 mg O<sub>2</sub>/l, nurodo vandens telkinio oligotrofiją; 1,7-3,5 – mezotrofiją; 10-38 – eutrofiją; apie 1,3 mg O<sub>2</sub>/l – vandens telkinio distrofiją.

Bendro 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.

## 7.2. poskyris. BDS ir oksidacija

Permanganatinės oksidacijos dydis nefiltruotame vandenyje apibūdina ištirpusios ir suspenduotos organinės medžiagos kiekį. Permanganatinės oksidacijos būdu nustatoma apie 40 % organinių medžiagų, esančių vandenyje konkrečiu metu.

Ypač žemos permanganatinės oksidacijos reikšmės būdingos aktyviam organizmų vegetacijos periodui, kai telkinyje gaminamas didesnis kiekis lengvai bakterijų suardomų planktoninės kilmės organinių medžiagų. Tai aukštų vandens temperatūrų ir aiškiai išreikštos vertikalios stratifikacijos vegetacijos periodas. Susidaranti ir suardoma organinė medžiaga turi pakankamai baltymų, riebalų rūgščių. Pavasarį ir vasarą į vandens telkinį patenka biocheminiu požiūriu stabili organinė medžiaga huminių rūgščių, fenolio (taip pat planktoninės kilmės), lignino, tirozino ir kitų junginių pavidalu, kurie labiausiai oksiduojasi permanganatu.

Skirtingu laipsniu oksiduojant organines medžiagas cheminiais reagentais galima hidrocheminės analizės metodais įvertinti organinių medžiagų kilmę, mineralizacijos greitį, vadinasi, ir bioprodukcinių procesų intensyvumą.

Oligotrofiniuose ir mezotrofiniuose vandens telkiniuose bendro BDS ir permanganatinės oksidacijos santykis paprastai yra 15 % (maksimaliai – iki 30 %); eutrofiniuose telkiniuose šis santykis vidutiniškai yra 60 % (maksimaliai – iki 100 %); distrofiniuose telkiniuose šis santykis yra 15-20 %.

## 7.3. poskyris. Pirminė produkcija ir žuvų produktyvumas

**Pirminė produkcija** – tai autochtoninės (vietinės kilmės) organinės medžiagos kiekis, kurią sukuria žali augalai (fitoplanktonas ir šiek tiek makrofitai) fotosintezės metu per laiko vienetą. Ši organinė medžiaga yra pagrindinis visų heterotrofinių organizmų, tarp jų – ir žuvų, maitinimosi šaltinis. Daugelio rūšių žuvų mailus ankstyvose vystymosi stadijose vartoja fitoplanktoninius organizmus. Baltiesiems amūrams, tilapijoms, baltiesiems ir margiesiems plačiakakčiams 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.

Skiriama **bendroji pirminė produkcija**, kuri apibūdina bendrą naujai susidarančios per fotosintezę organinės medžiagos kiekį, ir **grynoji**. Grynoji pirminė produkcija lygi bendrosios produkcijos kiekiui, iš jo atėmus tą dalį, kuri sunaudojama pačių augalų kvėpavimui (apie 20 % bendrosios produkcijos dydžio). Kartais grynoji produkcija vadinama **efektyviaja fitoplanktono produkcija**.

Eutrofiniuose vandens telkiniuose pirminės produkcijos dydis viršija 4 mg O<sub>2</sub>/l per parą. Esant aiškiai išreikštai stratifikacijai mezotrofiniuose vandens telkiniuose ji yra 2-4 mg O<sub>2</sub>/l per parą, o oligotrofiniuose – mažiau nei 2 (paprastai 0,5-1) mg O<sub>2</sub>/l per parą. Tręšiamuose žuvivaisos tvenkiniuose, kuriuose dideliu tankiu auginamos įvairios žuvų rūšys (karpiai, augalėdes žuvys), bendroji pirminė produkcija siekia 50 mg O<sub>2</sub>/l, o ichtiofaunos pirminės organinės medžiagos utilizavimo efektyvumas sudaro 3-8 %. Vykdamt ekstensyvią žuvininkystę (dideli ežerai ir tvenkiniai) žuvų produkcija sudaro 0,05-0,2 % fitoplanktono produkcijos.

Pirminės produkcijos dydis dėsningai didėja einant nuo šiaurės platumų į pietines. Tundros zonos mažuose ežeruose ji sudaro vidutiniškai 0,5 mg O<sub>2</sub>/l per parą, o taigos ežeruose – 0,6-0,9, mišrių miškų zonos ežeruose – 3,3 mg O<sub>2</sub>/l per parą. Subtropinių ir tropinių platumų vandens telkiniuose pirminės produkcijos reikšmės siekia 10 mg O<sub>2</sub>/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.

Tvenkinyje, kur žuvų biomasė siekia 40 cnt/ha, bendras per parą patenkančios biomasės kiekis energijos vienetais sudaro 0,433·10<sup>6</sup> kcal/ha. Tik nedidelė jos dalis (0,04·10<sup>6</sup> kcal/ha) naudojama produktyviam žuvų augimui, o likęs kiekis (0,393·10<sup>6</sup> kcal/ha) kaip metabolizmo produktai kaupiasi tvenkinyje. Iki 1% patenkančių organinių medžiagų išnešama su nutekančiu vandeniu ir filtruojant.

Deguoies poreikis metabolizmo produktams mineralizuoti ir žuvų energijos mainams sudaro 0,450·10<sup>6</sup> kcal/ha. Žinant, kad baltasis plačiakaktis suvartoja iki 50 % fitoplanktono organinės medžiagos, tai bendroji pirminė produkcija turi sudaryti 9 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> 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 tvenkiniams su mišriąja žuvivaisa ir jis yra palaikomas naudojant mineralines trąšas. Galimi bendrosios fotosintezės dydžių svyravimai  $\pm 20\%$  ribose nėra labai dideli ir neturėtų suardyti deguonies balanso.

Į tvenkinį, kurio žuvų biomasė siekia 100 cnt/ha, patenkančių organinių medžiagų kiekis žymiai didesnis, todėl padidėja ir deguonies poreikis mineralizacijai. Šiuo atveju bendrosios fotosintezės dydis turi būti ne mažesnis nei  $25 \text{ g O}_2/\text{m}^3$  per parą. Bet ir tada paros deguonies poreikis patenkinamas ne visiškai. Deguonies deficitas gali kilti ir dėl fotosintezės intensyvumo kitimo per parą ( $\pm 20\%$ , arba iki  $5 \text{ g O}_2/\text{m}^3$  per parą), kuris žymiai 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. Pradeda labiau vystytis heterotrofinės mitybos dumbliai. Dažniausiai tai smulkūs melsvadumbliai, kurių plačiakakčiai vartoja mažiausiai iš visų dumblių. Iš tvenkinio 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 nuo organinių medžiagų pertekliaus procesuose.

Todėl, padidinus žuvų produktyvumą iki 100 cnt/ha ir daugiau, žuvivaisos proceso technologija turi būti vykdoma naujoje pramoninėje bazėje. Akivaizdu, jog aukščiausio medžiagų apykaitos intensyvavimo 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 sąlygomis nemažą reikšmę turi racionalus šėrimas ir žuvivaisos procesų mechanizavimas.

#### 7.4. poskyris. Biotinis balansas

Biotinis balansas parodo kiekybinius santykius tarp organinės medžiagos, pagaminamos skirtinguose trofiniuose lygiuose, produkcijos ir destrukcijos, ir bendrą ekosistemą. Kalbant apie konkretų trofinį sluoksnį galima vartoti terminą „vidinis biotinis balansas“ (pusiausvyra ekosistemos viduje). Visai ekosistemai bendrai (kiekvienam vandens telkiniui atskirai) labiau priimtinas terminas „išorinis biotinis balansas“. Šiuo atveju įvertinamos visos trofinės grandinės grandys ir taip susidaro energijos srautas.

Organinės medžiagos apykaitoje, kurioje dalyvauja visi hidrobiontai, ypatingą padėtį

užima pirminė produkcija. Tik fotosintezės procesas sukelia energijos ir organinės medžiagos, ant kurios bazės vystosi visos gyvūnų gyvybės formos, padidėjimą.

Toksikozės. Neigiamas biotinis balansas paprastai būna esant dideliame alochtoninės organinės medžiagos pritekėjimui, peršėrus žuvis arba laikant žuvis per dideliu tankiu.

Kai kuriais metais fotosintezė vyksta ir polediniu periodu. Žiemą pirminė produkcija sudaro apie 3 % naujai susidarančios organinės medžiagos vasarą kiekio, destrukcija – 5 % BDS<sub>1</sub> vasarą. Gylis, iki kurio išsiplečia fotosintezės zona (fotinis sluoksnius), atitinkantis, kaip ką tik buvo paminėta, kompensacinio sluoksnio gylį, turi labai didelę reikšmę skaičiuojant ekosistemos biotinio balanso elementus. Leistinas eutrofikacijos lygis priešingai proporcingas šio rodiklio kvadratinės šaknies dydžiui. Jis nulemia leistinus vandens ekosistemų trofinės grandinės visų grandžių leistinus produktyvumo lygius, taip pat potencialią žuvų produkciją.

Dirbtinai eutrofikuojamuose (per daug maisto medžiagų turinčiuose) vandens telkiniuose (žuvivaisos tvenkiniuose, mažuose ežeruose ir nedideliuose tvenkiniuose), kaip jau buvo minėta, pirminės produkcijos reikšmės žymiai išauga ir gali siekti 30-40 mg O<sub>2</sub>/l per parą ir net daugiau. Tuo pačiu atitinkamai padidėja ir organinės medžiagos irimo intensyvumas – destrukcija. Remiantis išsamiu fotosintezės intensyvumo tyrimu, buvo nustatyta teigiama įtekančio šviežio vandens įtaka šiam procesui. Pratakiniam tvenkinyje pirminės produkcijos dydis paviršiniame sluoksnyje sudaro 29,2 mg O<sub>2</sub>/l per parą (vidutiniškai fotiniame sluoksnyje – 6,1), nenuotakiniame – 25,2 mg O<sub>2</sub>/l per parą (fotiniame sluoksnyje – 4,9). Maksimali pirminės produkcijos reikšmė (iki 40 mg O<sub>2</sub>/l per parą) būna netoli nuo vandens įtekėjimo vietos.

Siekiant palaikyti ištirpusio deguonies kiekį ne mažiau 50 % prisotinimo, vandens apykaitos padidėjimas (iki 2 parų) ne visada yra geriausia priemonė. Esant palankioms apšvietimo sąlygoms tvenkiniuose su dešimties parų vandens apykaita fotosintezė žymiai intensyvesnė ir visiškai prisotina vandenį deguonimi, kurio pakanka žuvis, kai laikymo tankis – iki 20 tūkst. vnt./ha karpų ir iki 10 tūkst. vnt./ha baltųjų plačiakakčių.

## 7.5. poskyris. Biogeninių ir organinių medžiagų balansas

Balanso lygtys (įeiga – išeiga) plačiai naudojamos hidrotechninės statybos praktikoje prognozuojant natūralių vandens telkinių ir statomų didelių vandens rezervuarų ir telkinių – aušintuvų režimą ir bioproduktyvumą. Žinant balanso įeigos ir išeigos dedamąsias, galima kiekybiškai įvertinti biogeninių ir organinių medžiagų atsargas kiekvienais konkrečiais metais, ekonomiškai įvertinti atliekamas intensyvinimo priemones, išsiaiškinti antropogeninio veiksnio vaidmenį.

Pagrindinės organinės medžiagos balanso sudedamosios dalys.



***Įeigos dalyje.***

1. Organinė medžiaga, susidaranti vykstant fitoplanktono sintezei.
2. Organinė medžiaga, susidaranti vykstant makrofitų ir fitobentoso fotosintezei (makrofitų, fitobentoso, perifitono pirminė produkcija).
3. Organinė medžiaga, patenkanti su upių (upių, upelių) vandenimis ir su atmosferiniais krituliais – alochtoninė organinė medžiaga, taip pat antropogeninės kilmės medžiagos.
4. Dugno nuosėdų organinė medžiaga, patenkanti į vandens storumę maišantis vandeniui.

***Išeigos dalyje.***

1. Organinės medžiagos mineralizacija – vykstant biocheminiams procesams heterotrofinių organizmų atliekamas fitoplanktono organinės medžiagos ardymas ir transformacija, organinės medžiagos biocheminė oksidacija (destrukcija) iki mineralinių darinių.
2. Organinės medžiagos kaupimas dugno nuosėdose.
3. Organinės medžiagos išnešimas su upės nuotėkiu.
4. Organinės medžiagos pašalinimas su išgaudoma žuvimi.

Šeriant žuvis į įeigos balanso dalį reikėtų įtraukti duodamų dirbtinių pašarų kiekį, o į išeigos – faktiškai žuvų suvartotą ir įsisavintą pašarą.

Abiejose balanso lygties dalyse pirmoji dedamoji (fitoplanktono pirminė produkcija ir jo destrukcija) bendrajame balanse turi didžiausią reikšmę.

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.

**7.6. poskyris. Hidrocheminiai rodikliai dirbtinės eutrofikacijos sąlygomis**

Dirbtinė eutrofikacija – tai tradicinės priemonės ir būdai padidinti šėrimo bazę ir žuvų produktyvumą naudojant mineralines ir organines trąšas. Pagrindiniai elementai, reguliuojantys fitoplanktono vystymąsi vasarą, intensyviausios fotosintezės metu, yra azotas, fosforas ir iš dalies geležis. Diatominiai dumbliai reiklūs siliciui ir nustoja vystytis jo koncentracijai nukritus iki mažiau 5 mg/l. Gėluose vandenyse geležis, silicio rūgštis, kobaltas, manganas, cinkas, molibdenas ir varis retais atvejais riboja dumblių gyvybingumą. Daugeliu atvejų ribojantys veiksniai yra azotas ir fosforas. Būtent šių elementų pridėjimas į vandenį jau daug metų yra pagrindinė priemonė siekiant padidinti vandens telkinių žuvų produktyvumą.

Azotui labiau reiklūs melsvadumbliai. Optimalios nitrato azoto koncentracijos yra 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 yra 0,001-0,002 mg/l, dumblių augimas pagreitėja 5-6 kartus, o jei mangano koncentracija didesnė nei 0,02-0,01 mg/l, ji daugeliui eutrofinių organizmų nuodinga.

Svarbų vaidmenį vaidina ir kalcio trąšos. Jos aktyvuoja organinės medžiagos mineralizaciją ir nitrinimo bakterijų, praturtinančių vandenį nitrato azotu, gyvybingumą.

Įberti kalkių būtina esant rūgštinei aplinkai, kai fitoplanktono azoto ir fosforo įsisavinimas žymiai sumažėja. Šarminėje aplinkoje kalkinimas atliekamas tik dėl dezinfekcijos. 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), į tvenkinius reikia įberti nuo 10 iki 5 cnt/ha negesintų kalkių, siekiant pašalinti rūgštingumą, o kai pH didesnis nei 6,0 – mažiau 1 cnt/ha.

Panašūs kalkių kiekiai rekomenduojami 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.

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 į tvenkinius pilamos kelis kartus per sezoną. Tvenkiniai tręšiami iškart juos užpildžius vandeniui, o paskui – 1 kartą per 7-10 dienų. Žuvų intensyvaus šėrimo laikotarpiu tręšiama tik siekiant padidinti fotosintezę ir pašalinti dusimo sąlygas. Nkontroliuojamas tręšimas pablogina hidrocheminį režimą – hipereutrofikuoja. Būtent esant hipereutrofikacijai masiškai vystosi melsvadumbliai, išskiriantys daugeliui hidrobiontų nuodingas medžiagas.

Tikslesnis būdas nustatyti trąšų poreikį ir kontroliuoti aplinkos kokybę – biologinio bandymo metodas – kolbų deguonies metodas pirminei produkcijai nustatyti pridedant 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 (laiką, per kurį atliekamas bandymas) 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 slopinantį poveikį fitoplanktonui.

Tręšiant mineralinėmis trąšomis padidinamas bendrasis pirminės produkcijos kiekis iki 8-10 mg O<sub>2</sub>/l per parą ir palaikomas šiame lygyje per vegetacinį periodą visuose išleidžiamuose ir visiškai prieš žiemą išgaudomuose vandens telkiniuose. Neišleidžiamuose vandens telkiniuose ir žiemojimo tvenkiniuose bendroji pirminė produkcija vasarą neturi viršyti 5-7 mg O<sub>2</sub>/l, priešingu atveju nebus išvengta žuvų išdusimo žiemą.

Kas dešimt dienų nustatant pirminės produkcijos kiekį kolbų metodu arba pagal paros deguonies eigą, galima išvengti mineralinių trąšų pereikvojimo ir palaikyti optimalų hidrocheminį režimą ir pašarų bazę. Kitaip tariant, negalima leisti, kad dirbtinai eutrofikuojamuose vandens telkiniuose destrukcija viršytų produkciją. Jeigu šis dydis bus mažesnis nei 5, tai dusimas nepratakiniame 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 į tvenkinį įpiltų trąšų – tiesiogiai proporcingai vandens apykaitos greičiui. Vadinasi, pratakumas neturi būti pastovus, o vandens apykaitos greitis turi būti apskaičiuotas iš anksto.

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. Visa vandens apykaita įvyksta ne lėčiau nei per 30 parų.

5. Hidrokarbonatų jonų kiekis (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), t.y. šarmingumas, didesnis nei 2 mgkv /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 patręšus mineralinėmis trąšomis – 4-6 mg O<sub>2</sub>/l per parą. Vertikali startifikacija netrukdo biogeniniams elementams patekti į fotinį sluoksnį dėl naktį vykstančio periodinio konvekcinio (vandens sluoksnių) maišymosi ir vėjo sukeliama vandens maišymo. Šiame sluoksnyje vandens persotinimas deguonimi nuolatos didesnis nei 10 %, bet neturi siekti 100 %. Priedugnio sluoksnyje vandens prisotinimas deguonimi didesnis nei 40 %.

8. Prieš tręšiant amonio salietra, ji neturi būti maišoma su rūgščiomis trąšomis (superfosfatu), kadangi gali būti prarasti azoto oksidai.

Trąšos ekonomiškai naudingos, 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, turinčiuose nepakankamą dumblo sluoksnį, organinės trąšos tinka labiau ir duoda didesnę efektą. Pridėjus šių trąšų paskatinamas bakterijų vystymasis, praleidžiant pirmąją trofinę grandinę, 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.

Prieinamiausios ir efektyviausios organinės trąšos yra žalioji augmenija (kieta ir minkšta), periodiškai nupjaunama nuo užtvankų ir pačiuose tvenkiniuose. Skirtingai nuo mėšlo ir komposto, ji supilama ne tik palei krantą, bet ir tam tikru atstumu nuo jo. Centrinė telkinio dalis paliekama be pūvančios augmenijos. 5-6-ąją dienomis po žolės supylimo į tvenkinį prasideda masinis bakterijų, blakstelių ir dumblių, taip uodų trūkelių ir mažaserių žieduotųjų kirmėlių vystymasis. Tokio tręšimo norma 20-60 cnt/ha.

Vandens augmenijos kaip organinių trąšų naudojimas leistinas tik vandens telkiniuose, turinčiuose smėlinį jaurinį arba molio dirvožemį ir turinčiuose pakankamą vandens apykaitai šviežio vandens pritekėjimą. Šiuose vandens telkiniuose vandenyje ištirpusio deguonies kiekio amplitudė iki tręšimo turi neviršyti 4 mg/l, o maksimali  $O_2$  reikšmė – ne didesnė nei 40 %.

Organinių trąšų naudojimas užtikrina natūralios žuvų produkcijos padidėjimą 2-4 kartus, mineralinių trąšų naudojimas produkciją padidina 2-3 cnt/ha. Mineralinės trąšos ypač efektyvios kartu auginant karpnius ir augalėdes žuvis (be šėrimo).

Mineralinių ir organinių trąšų naudojimas šeriant žuvis sukelia panašų bendro organinės medžiagos kiekio padidėjimą, tačiau organinių medžiagų 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  $O_2/l$  ir 2-3 mg  $O_2/l$ . Šiuo atveju didesnis ir bichromatinės oksidacijos dydis: atitinkamai 5-18 mg  $O_2/l$  ir 2 mg  $O_2/l$ . Permanganatinės oksidacijos ir bichromatinės oksidacijos santykis beveik visada didesnis naudojant trąšas, nei šeriant, o  $BDS_5$  ir permanganatinės oksidacijos santykio dydis naudojant kombinuotuosius pašarus, priešingai, didesnis, nei naudojant trąšas.

Pateikti duomenys reiškia, kad organinė pašaro medžiaga priskiriama biocheminiu požiūriu nestabiliems organiniams junginiams ir greitai mineralizuojasi, sumažindama deguonies kiekį vandenyje. Vadinas, vandens telkinių produktyvumo didinimas naudojant mineralines trąšas mažiau teršia telkinį puvimo 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 cnt/ha ir net daugiau. Turima duomenų apie galimybę padidinti žuvų produktyvumą iki 20 tūkst. cnt/ha. Šiuo atveju užtikrinama visa vandens apykaita per 15-20 min., žuvis šeriamos kelis kartus per parą, taip pat žiemą, naktį naudojamas apšvietimas vabzdžiams pritraukti, aeracija, skystas deguonis, dezinfekcija, cirkuliacinis vandens tiekimas.

## 8 SKYRIUS. VANDENS KOKYBĖS VERTINIMAS PAGAL HIDROCHEMINIUS RODIKLIUS

### 8.1. poskyris. Vandens kokybė

Negalima nuvertinti vandens kokybės svarbos akvakultūrai. Vanduo yra ne tik hidrobiontų gyvenamoji aplinka, bet ir svarbus cheminių priemaišų ir suspensijos, darančių įtaką jų augimui ir vystymuisi, šaltinis. 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 teisingo vandens kokybės vertinimo.

Praktikoje mes susiduriame ne su grynu vandeniu ( $H_2O$ ), bet su cheminių medžiagų vandens tirpalu, kuriame yra neištirpusių dalelių. Druskų vandenyje 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.

### 8.2. poskyris. Druskų sudėtis vandenyje

Vandenį priprasta skirstyti į gėlą ir sūrų, bet šis skirstymas yra gan sąlyginis, nes praktiškai bet koks vanduo savo sudėtyje turi druskų jonų. Druskų santykis jūros (vandenyno) vandenyje ir gėlame vandenyje yra skirtingas.

Akvakultūroje priimta vertinti vandens kokybę pagal tai, ar jame yra jonų kompleksas, ar ne. Vienas iš svarbiausių vandens rodiklių yra kietumas.

**Kietumas.** Šia samprata naudojamosi vertinant gėlą vandenį. Iš pradžių kietumas buvo suprantamas kaip vandens gebėjimas nusodinti muilą. Šiame procese paprastai dalyvauja  $Ca^{2+}$ ,

$Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $H^+$  jonai. Praktiniais sumetimais kietumą pakanka vertinti pagal  $Ca^{2+}$  ir  $Mg^{2+}$ .

Skiriami du kietumo tipai: *karbonatinis ir nekarbonatinis*.

Tipiškas bendrasis gėlo vandens kietumas, matuojamas pagal  $CaCO_3$ , paprastai yra nuo 15 iki 375 mg/l. Kietumas, kurį sukuria kalcio druskos, yra nuo 10 iki 250 mg/l, jis dažnai dvigubai viršija magnio sukuriamą kietumą – nuo 5 iki 125 mg/l.

Tipinio jūros vandens kalcio kietumas yra 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. Būtiną vanduo, kurio minimalus kietumas 5 °dH arba 1,8 mg-ekv/l. Rekomenduojamos optimalios kietumo reikšmės 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 (cinko, kadmio, vario, vandenilio), esančių vandenyje, veikimą. Šį efektą gerai iliustruoja kietumo įtakos mirtinoms jonų koncentracijoms pavyzdys.

### 8.3. poskyris. Vandenilio jonų koncentracijos ir toksiškumas

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 prie pH nuo 4 iki 10, žuvų egzistavimui saugus diapazonas yra nuo 5 iki 9 pH, maksimaliai akvakultūros produkcijai reikalingas siauresnis diapazonas pH – nuo 6,5 iki 8,5. Kietesniame vandenyje žuvies atsparumas žemoms pH reikšmėms padidėja. Didesnių ir vyresnio amžiaus žuvų atsparumas taip pat padidėja. Pavyzdžiui, lašišoms, kurių amžius 4 ir 16 mėnesių, žemutinė mirtina riba skiriasi 0,3 pH vieneto.

Hidrobiontų gyvybinės veiklos proceso metu aplinka tampa rūgštingesnė, o smulkiau šis klausimas bus aptariamas žemiau. Kai kuriose žuvivaisos sistemose pH sumažėjimas tampa pavojingas auginamoms rūšims. Pavyzdžiui, uždarosiose recirkuliacinėse sistemose ribinis leistinas pH sumažėjimas iki 6,0-6,5, kai papildymo vandens pH yra 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.

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 ištirpa.

Natūraliuose ežerų vandenyse pH kinta nuo 6,0 iki 9,0. Veikiant vulkaninės kilmės rūgštims pH gali sumažėti iki 1,7, tai dažnai nutinka aktyvios ugnikalnių veiklos zonose. 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 šarmingumą*, kuris taip pat susijęs su karbonatiniu vandens kietumu. Šarmingumas (jis žymimas simboliu  $Alk$ ) išreiškia silpnų rūgščių anijonų, surištų su stipria baze, koncentraciją. Natūralių arba išvalytų vandenių šarmingumas suprantamas kaip kai kurių jų komponentų gebėjimas surišti ekvivalentinį stiprių rūgščių kiekį. Šarmingumą sukelia silpnų rūgščių anijonų (karbonatų, hidrokarbonatų, silikatų, boratų, sulfidų, hidrosulfidų, sulfidų, hidrosulfidų, huminių rūgščių anijonų, fosfatų) buvimas vandenyje. Anijonai hidrolizuodami sudaro hidroksido jonus: jų suma vadinama bendroju šarmingumu ( $Alk_T$ ).

Jeigu uždarosiose recirkuliacinėse sistemose papildymo vandens buferinės savybės nedidelės, tai vandens pH stabilizavimui naudojamas kalkių pienas, gaunamas gėsinant kalkes  $CaO$ .

Vandens *užterštumą azotu* parodo  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  jonai. Šių formų azoto buvimą vandenyje nulemia į vandenį patenkančių hidrobiontų bei sausumos gyvūnų 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.

Metabolizmo produktai patenka į vandenį amonio jonų  $NH_4^+$  ir organinių dalelių pavidalu, kurios oksiduodamosi galiausiai išskiria tą patį amonio joną. Organinių dalelių oksidacijos procesas, kai išsiskiria amonis, vadinamas amonifikacija.

Dviejų formų  $NH_3$  ir  $NH_4^+$  procentinis santykis priklauso nuo vandens pH ir temperatūros. Tolesnis amonio jonų likimas vandenyje priklauso nuo kontakto su Nitrosomonas genties bakterijomis. Šios genties bakterijos gyvena ir vandenyje, ir dugno nuosėdose, ir įvairiuose substratuose, ir atviruose vandens telkiniuose, ir dirbtinėse žuvivaisos sistemose. Šios genties bakterijos amonį  $NH_4^+$  pakeičia į nitritą  $NO_2^-$ . Konversijos (pasikeitimo) procesas vyksta aktyviai naudojant deguonį ir energiją. Bakterijos utilizuoja energiją, anglies dioksidą ir deguonį gamindamos organinius junginius, būtinus ląstelių augimui ir medžiagų apykaitai.

Amonio oksidacijos iki nitrato reakcija vadinama *nitrifikacijos* reakcija. Šios reakcijos vyksta sunaudojant daug deguonies. Vieno kg amoniako oksidacijai ( $NH_3-N$ ) reikia apytiksliai 4,57 kg deguonies.

Vandens sistemoje susikaupiantį nitratą 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 deguonies vandenyje denitrifikacijos reakcijos neišnyksta visiškai. Anglies, kuri yra būtina reakcijos bakterijoms, šaltinis yra organinė medžiaga, patenkanti į vandenį kaip metabolizmo produktas.

Kaip jau buvo pažymėta, vandenyje tam tikru santykiu pasiskirsto amonis ir dujinis amoniakas. Nejonizuoto amoniako kiekis bendrame produkto kiekyje priklauso nuo vandens temperatūros ir pH. Žinoma, kad tiesioginį toksišką poveikį žuvims turi dujinis amoniakas, o amonio jonai yra silpnai toksiški.

Nitritas ( $\text{NO}_2^-$ ) vandenyje atsiranda kaip tarpinė forma vykstant dviems procesams: nitrifikacijai ir denitrifikacijai. Švairiuose natūraliuose vandens šaltiniuose randama tik nitrito pėdsakų. Žuvivaisios sistemose, ypač uždarosiose recirkuliacinėse sistemose, nitrito koncentracijos gali pasiekti kritines reikšmes. Nustatyta, kad nitrito toksiškumas žuvims stipriai sumažėja išaugus vandenyje chloro jonų skaičiui.

Įvairiuose literatūros šaltiniuose pateikti nurodymai dėl ribinių leistinų nitrito koncentracijų skirtingoms žuvų rūšims, nenurodant chloro jonų koncentracijos, yra gerokai sumažinti. Nitrito toksiškumo sumažėjimas į vandenį patekus chloro jonams padeda išvengti žuvų dusimo. Pavyzdžiui, uždarnosios recirkuliacinės sistemos pirmojo paleidimo metu nitrito koncentracija siekia 5-15 mg  $\text{NO}_2^-/\text{l}$  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 objektams. Kaip chloro jonų šaltiniai naudojama maistinė druska NaCl arba druskos rūgštis HCl.

Nitrato jonas  $\text{NO}_3^-$  vandenyje atsiranda kaip galutinis nitrifikacijos produktas. Jis mažai toksiškas žuvims ir kitiems hidrobiontams. Pavyzdžiui, karpio normalus augimas pastebimas tada, kai  $\text{NO}_3^-$ -N yra iki 90 mg/l esant 25°C temperatūrai ir pH 5,3-5,8. Be to, nejonizuoto amoniako  $\text{NH}_3$ -N azoto koncentracija siekia 0,013 mg/l. Turima duomenų ir apie nitrato azoto  $\text{NO}_3^-$ -N koncentracijas, siekiančias iki 400 mg/l ir nesukeliančias katastrofiškų padarinių.

Vadinasi, didinant nitrato koncentraciją kartu mažėja vandens pH reikšmė. Toksinis nitrato veikimas pasireiškia vandenilio jonų koncentracijos padidėjimu, t.y. vandens pH sumažėjimu. Šio poveikio neutralizavimo metodai aprašyti aukščiau.

Organinių skendinčių dalelių vandenyje šaltinis yra visi gyvieji ir nunykę vandens organizmai, išplauti irimo produktai iš dirvožemių 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. Žuvivaisios sistemose aukšta

organinės skendos koncentracija slopina hidrobiontų vystymąsi. Padidintas organinės skendos kiekis perspėja apie vandens šaltinio arba žuvivaisos sistemos užterštumą, tada turi būti imamos priemonių dusimo prevencijai.

Organinė medžiaga vandenyje egzistuoja skendos, koloidinių ir molekulinų junginių pavidalu. Nėra pakankamai paprasto metodo organinei medžiagai išskirti iš vandens, todėl užterštumo vertinimas atliekamas pagal netiesioginius rodiklius: pagal cheminį deguonies suvartojimą (ChDS) oksiduojant vandenį chemiais oksidantais, pagal biocheminį deguonies suvartojimą (BDS), organinę anglį, kurios kiekis organinėse medžiagose imamas artimas 50 %.

#### 8.4. poskyris. Vandens temperatūra

Temperatūra yra svarbiausia vandens fizikinė savybė. Pagrindinis veiksnys renkantis auginamą objektą turi būti planuojamo auginimo objekto optimali arba artima jai vandens temperatūra. Temperatūra turi būti optimali kiek įmanoma ilgesnį auginimo sezoną. Tai mažiau svarbu uždarosioms sistemoms, kuriose vandens temperatūra palaikoma techninėmis priemonėmis. Sezoninis temperatūros kitimas turi įtakos visoms sistemoms, išskyrus uždarąsias.

Kadangi žuvis ir kiti akvakultūros objektai priskiriami poikiloterminiams (šaltakraujams) organizmams, jų kūno temperatūra greitai susivienodina su vandens temperatūra. Cheminės reakcijos žuvų organizmuose yra tiesiogiai susijusios su vandens temperatūra. Padidėjus temperatūrai cheminių reakcijų aktyvumas išauga, o sumažėjus – krenta.

Temperatūros padidėjimas pagreitina chemines reakcijas, kurias katalizuoja fermentai. Didesnis žuvų augimo tempas užtikrinamas temperatūrą 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 tokioms temperatūroms organizmas gali egzistuoti, bet masės augimas nevyksta.

Vandens temperatūros padidėjimas sukelia augimo tempo padidėjimą tik iki tam tikros ribos, nes procesų kinetinė energija tampa pakankama, kad pradėtų irti kai kurie cheminiai junginiai. Be to, energija pradedama naudoti ne augimui, o pagreitetėjusios apykaitos palaikymui. Visa tai sukelia augimo greičio sumažėjimą.

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, transportuojant žuvis žuvies gabenimo automobiliais, keičiant vandenį baseine ir pan., žuvis gali patirti staigius temperatūros pokyčius, kurie gali sukelti stresą ir net žūtį.

Perkeliant žuvis į vandenį, kurio temperatūra skiriasi  $2^{\circ}\text{C}$ , 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 išlyginama iki talpyklos temperatūros.

Jeigu temperatūrų skirtumas didesnis nei  $10^{\circ}\text{C}$ , šis metodas yra netinkamas. Daugeliui objektų aklimatizavimo greitis neturi būti didesnis nei  $5^{\circ}\text{C}$  per valandą. Siekiant išvengti temperatūrinio šoko, visi žuvivaisos veiksmai turi būti atliekami apsiniaukusiomis dienomis, gyvų žuvų transportavimas atidedamas iki metų laiko, kai vandens temperatūra ir oro temperatūra apytikriai vienodos (pavasaris, rudenis).

### 8.5. poskyris. Deguonis ir žuvų deguonies suvartojimas

Visiems auginamiems vandens objektams būtinas deguonis, kurį jie turi gauti 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 – nuo vandens temperatūros ir chloro jonų kiekio jame. Kiekvienai temperatūros ir druskingumo (chloringumo) reikšmei galima nustatyti 100 % atitinkantį 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.

Jeigu dėl kokių nors priežasčių vandens prisotinimas telkinyje yra mažesnis nei pusiausvyros prisotinimo reikšmė, tai oro deguonis pernešamas į vandenį dėl susidarančio koncentracijos gradiento. Deguonies pernešimo greitis tuo didesnis, kuo 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 pusiausvyras, vyksta deguonies praradimo iš vandens procesas (difuzija). Prisotinimo ir difuzijos procesai vyksta per skiriamąjį aplinkų vandens – oro paviršių, todėl, kuo skiriamasis paviršius didesnis, tuo intensyviau vyksta procesas. Skiriamasis paviršius gali būti dirbtinai padidintas purškiant arba barbotuojant orą. Turbulentinės vandens tėkmės sukūrimas taip pat padidina proceso greitį, nes padidėja koncentracijos gradientas prie skiriamosios ribos vandens maišantis skirtingo prisotinimo vandens sluoksniams. Deguonies difuzijos procesai nejudančiame vandenyje tiek mažai turi įtakos skirtingų vandens sluoksnių prisotinimui, kad jų galima nepaisyti.

Fotosintezė – antras vandens sistemų deguonies šaltinis. Deguonis yra augalų fotosintezės šalutinis produktas. Tačiau fotosintezė ir deguonies produkavimas vyksta tik esant šviesai. Tie

dumbliai, kurie dienos metu išskiria deguonį, naktį jį sugeria. Saulėtomis dienomis deguonies kiekis, kurį išskiria dumbliai į vandenį, gali būti toks didelis, jog vandens prisotinimo lygis žymiai viršys pusiausvyros prisotinimo reikšmę. Tokiu atveju deguonis išsiskirs iš vandens į aplinką. Žinomi atvejai, kai vandens persotinimas siekia 300 % pusiausvyros prisotinimo reikšmės.

Maksimali deguonies koncentracija būna vidudienį arba šiek tiek vėliau, o minimali – auštant. Dumblių deguonies suvartojimas tamsiu paros metu gali sumažinti jo koncentraciją vandenyje iki auginamiems objektams kritinės reikšmės. Ypatingą pavojų kelia ramios, be vėjo naktys, tada vandens papildymas oro deguonimi apsunkintas. Deguonies koncentracijos valdymas atviruose telkiniuose turi būti atliekamas ryto valandomis.

Natūraliuose atviruose vandens telkiniuose dėl dumblių fotosintezės viršutinė prisotinimo riba gali siekti 300 % pusiausvyros prisotinimo. Tada nepastebima žuvų žuvimo ar kokių nors kitų neigiamų pasekmių. Deguonies koncentracijos sumažėjimas iki 60 % pusiausvyros prisotinimo praktiškai nepaveikia upėtakių ir karpų augimo ir pašarų sunaudojimo.

Laikinas deguonies koncentracijos sumažėjimas žemiau nei 60 % sukelia stresą kelioms dienoms: žuvis nustoja maitintis. Toliau mažėjant deguonies koncentracijai žuvis pradeda žūti. Apatinės ribinės deguonies koncentracijos priklauso nuo žuvų rūšies ir kūno masės, taip pat vandens temperatūros.

Ribinės deguonies koncentracijos yra svarbi informacija atliekant žuvų transportavimą. Tuo metu žuvis nesimaitina, o vienintelė žuvivaisininko užduotis yra išsaugoti žuvį gyvą.

Optimalios deguonies koncentracijos žuvis parenkamos priklausomai nuo jos išsivystymo: ikrai, lervos, mailius, prekinė žuvis.

Inkubuojant ikrus ceche, deguonies poreikis patenkinamas naudojantis vandeniu, tekančiu per inkubatorių. Vežant akutės stadijos ikrus deguonies poreikis patenkinamas tomis deguonies atsargomis, kurios yra ikrų gabenimo konteineryje. Didėjant temperatūrai embrionų deguonies suvartojimas didėja.

Žuviai augant ir vystantis, kai lervutės pradeda maitintis išoriniu pašaru, lyginamasis deguonies suvartojimas žuvies masės vienetui mažėja. Kartu išlieka lyginamojo deguonies suvartojimo priklausomybė nuo temperatūros tame temperatūrų intervale, kuriame galimas veisimas. Šią priklausomybę iliustruoja laišių ir upėtakių deguonies suvartojimas temperatūrų intervale nuo 7,2 iki 21,1 °C, kai žuvų masė yra iki 1000 g.

Deguonies suvartojimas per parą nevienodas. Upėtakai maksimaliai deguonies suvartoja po 10-15 min. po šėrimo ir deguonies suvartojimas sumažėja po 1-1,5 valandos. Deguonies suvartojimo lygis kinta nuo 1,2 iki 2 kartų. Panašiai būna šeriant karpius. Dėl šios priežasties visi duomenys apie deguonies suvartojimą pateikiami apskaičiuoti parai.

Praktiniams deguonies poreikio žuvisms skaičiavimams naudojamas žuvies suvartotas pašaro kiekis. Optimaliame upėtakiams temperatūrų diapazone deguonies suvartojimas proporcingas pašaro suvartojimui. Ėsdama 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.

## 8.6. poskyris. Medžiagos, ribojančios vandens panaudojimą 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 žuvisms 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 žūtį. Geležies toksiškumas rūgštinėje aplinkoje sustiprėja. Auginant karpius rekomenduojama naudoti vandenį, kurio sudėtyje bendras 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 daug divalentės geležies, sėkmingai naudojami žuvininkystėje atitinkamai juos apdorojus. Paprastai šis vanduo yra perleidžiamas per vandens bokštą, kur divalentė geležis su oro deguonimi oksiduojasi į trivalentę ir nusėda geležies dribsnių pavidalu ant bokšto dalių. Pašalinus dribsnius, vanduo tampa tinkamas žuvininkystei.

Skendinčios medžiagos – tai vandenyje esantys kietosios medžiagos gabalėliai, kurių matmenys didesni nei 0,45 mkm. Skendinčios medžiagos – tai nuosėdų dalelės, organinės medžiagos, fitoplanktono ir kitų gyvų organizmų ląstelės. Kuo didesnis skendinčių medžiagų kiekis, tuo drumstesnis vanduo. Skendinčių medžiagų kiekis vandenyje priklauso nuo įvairių veiksnių: bangų ir vėjo sukeltas vandens maišymasis sudrumsčiant dugno nuosėdas, grunto išplovimas lyjant lietui, žmonių ūkinė veikla.

Stiprų neigiamą poveikį skendinčios medžiagos daro ikrams, pavyzdžiui, lašišinių žuvų ikrams, esantiems ant akmenuoto grunto. Nusėdamos skendinčios medžiagos padengia ikrus molingomis nuosėdomis, taip apsunkindamos deguonies patekimą.

Reikšmingą pavojų žuvinivaisos sistemoms kelia drumsto vandens nuosėdų nusėdimas ant tvenkinių dugno, baseinuose, vamzdžiuose ir pan.

Daugeliu atvejų tam tikras vandens drumstumas yra leistinas. Pakankamai stambios žuvis gerai pakelia keletą dienų išsilaikančias skendinčias medžiagas, kai jų koncentracija yra 20 000 mg/l ir netgi 100 000 mg/l. Norma galima laikyti tokį drumstumą, kai skendinčių medžiagų kiekis yra keletas šimtų mg/l.

Pašalinti skendą tvenkiniuose galima įpilant į vandenį gipso  $\text{CaSO}_4$  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 turėtų būti ne didesnis nei 20-30 mg/l. Daugiausiai sulfatų yra druskinguose tvenkiniuose, esančiuose ant gruntų, kurių sudėtyje yra  $\text{CaSO}_4$ , ypač, kai kuriuose pietiniuose Europos rajonuose. Didelės įtakos hidrobiontų gyvybei sulfatai patys savaime neturi, bet didesnis jų kiekis vandenyje esant daug organinės medžiagos ir blogai vandens aeracijai, gali būti sieros vandenilio susidarymo priežastis. Padidėjus sulfatų kiekiui (daugiau nei 20-30 mg/l), reikia mažinti vandens telkinio užterštumą.

**Likutinis chloras.** Žuvininkystėje naudojant geriamąjį vandenį iš miesto vandentiekio sistemos reikia atsižvelgti į likutinio chloro, kuris naudojamas vandens dezinfekcijai, poveikį auginamiems objektams.

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 ilgai veikiančios nuodos  $\text{NH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{NHCl}$ ,  $\text{NCl}_3$ . Vanduo su likutiniais chloro produktais gali būti naudojamas žuvininkystei jį prieš tai apdorojus – paliekant nusistoti, barbotuojant suspaustu oru, apdorojant natrio hipochloridu.

**Azotas** – inertinės dujos, kurių kiekis atmosferos ore yra 78 %. Azotas gerai tirpsta vandenyje, jo koncentracija esant pusiausvyram prisotinimui yra didesnė nei deguonies koncentracija.

Azotas žuvininkystėje yra pavojingas dėl reiškinių, vadinamu dujų burbuliukų liga. Ji pasireiškia vandenį slegiant – persotinant azotu. Sumažėjus slėgiui azotas mažų burbuliukų pavidalu išsiskiria iš vandens ir žuvų kraujo. Azoto burbuliukai gali užkimšti kraujagysles ir sukelti žuvų traumas ir žūtį. Ypač ši liga pavojinga žuvų lervoms, negalinčioms aktyviai judėti. Nejudrių lervų žiaunose ir kūne nusėda maži azoto burbuliukai, apsunkindami kūno ir žiaunų vandens apykaitą.

Siekiant išvengti dujų burbuliukų ligos inkubacijos metu ir auginant lervutes naudojami vandens degazavimo įrenginiai. Degazavimas pašalina perteklinį azotą iš vandens prieš tiekiant jį į lervučių inkubavimo aparatus.

**Metanas**, arba pelkių dujos ( $\text{CH}_4$ ), yra šalutinis anaerobinio irimo produktas. Nedideli kiekiai metano žuvis netoksiški, bet parodo apie vykstančius anaerobinio irimo procesus, kurie yra nepriimtini, išskyrus atvejus, kai naudojama denitrifikacija uždarioiose žuvivaisos sistemose. Sistemose, kuriose tankiai laikomos žuvis, anaerobinių zonų susidarymas gali įgyti lavinos pobūdį.



**Sieros vandenilis** – dujos, turinčios būdingą pūvančio baltymo kvapą ( $H_2S$ ). Vasarą susikaupia ežerų priedugnio sluoksniuose. Šios dujos labai toksiškos daugeliui vandens organizmų net esant mažoms koncentracijoms. Būtina sustabdyti sieros vandenilio gaminimą, palaikant sistemoje aerobines sąlygas. Vandens aeracijos technika ir jo prisotinimas techniniu deguonimi aprašomas žemiau.

**Kiti vandens panaudojimą žuvininkystėje ribojantys veiksniai.** Vanduo, naudojamas žuvininkystėje, gali būti užterštas toksiškais produktais, kurie naudojami žemės ūkyje (pesticidais, herbicidais), pramoninėmis atliekomis bei buitinėmis nuotekomis, kurių sudėtyje yra sunkiųjų metalų. Pastarieji nedalyvauja žuvų medžiagų apykaitoje, bet kaupiasi jų kūnuose (gyvsidabris, kadmis, arsenas ir pan.).

Nustatyti šių teršalų koncentracijas laboratorijoje yra gana sudėtinga. Jos nustatomos su dujų – skysčių chromatografija. Tačiau norint išvengti nepagrįstų išlaidų statant žuvininkystės ūkį vietovėje, kur galimai užterštas vanduo, geriau atlikti tyrimus.