

HORVÁTH GÁBOR – KUSLITS KÁROLY – OLÁH JÓZSEF

A VIZEK ÉLETE

HORVÁTH GÁBOR – KUSLITS KÁROLY – OLÁH JÓZSEF

A VIZEK ÉLETE

A vízminőség változásainak
fizikai, kémiai és biológiai alapjai



Horváth Gábor Környezetmérnöki Kft.
Fertőszentmiklós, 2023

A kötet szerzői

HORVÁTH GÁBOR
KUSLITS KÁROLY
OLÁH JÓZSEF

Lektorok

DR. HEGEDŰS LÁSZLÓ
BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék
DR. MÁRIALIGETI KÁROLY
ELTE Mikrobiológiai Tanszék

Az ábrákat készítette és a kéziratot gondozta

KUSLITS KÁROLY
VÖRÖS TIBOR

Borítóterv

GRAFIK DEKOR

Tipográfia

BUCSY BALÁZS

ISBN 978-615-01-8308-4

© Szerzők 2023

Kiadja

Horváth Gábor Környezetmérnöki Kft.
9444 Fertőszentmiklós, Lukinich Mihály utca 7.
www.zoldkorok.hu

Felelős kiadó

Horváth Gábor ügyvezető igazgató

Nyomás

OOK-Press Nyomda, Veszprém

TARTALOM

<i>Előszó</i>	9
<i>Bevezetés</i>	11
1. A SEJTSZINTŰ ANYAGCSERE FIZIKAI, KÉMIAI ÉS BIOLÓGIAI ALAPJAI	13
2. A BIOGÉN ELEMEL KÖRFORGALMA	119
3. A VÍZ TULAJDONSÁGAI ÉS JELENTŐSÉGE AZ ÉLET SZÁMÁRA	163
4. A VÍZMINŐSÉG ÖSSZETEVŐI ÉS VÁLTOZÁSAI	191
5. SZERVES SZENNYEZŐANYAGOK A VÍZI KÖRNYEZETBEN	265
6. NEHÉZFÉMEK A VÍZI KÖRNYEZETBEN	341
<i>Utószó</i>	399
<i>Fogalomtár</i>	400
<i>Rövidítések jegyzéke</i>	409
<i>Név- és tárgymutató</i>	413

Tanárainknak, akik arra törekedtek, hogy a tudás bennünk épüljön föl,
ne csak egy szép ismeret legyen.

ELŐSZÓ

Ma a környezetvédelem az iskolai és a mindennapi beszéd része. Éppen ezért általános a téma iránti érdeklődés – abból is egy felkapott terület, az úgynevezett mikroszennyezők iránt, és az arról való vélekedés, hogy azok milyen veszedelmet jelentenek az emberre és a környezetre. Ez volt az a pont, amikor szükségét láttuk a középiskolai alapokra építve összefoglalni azokat az ismereteket, amelyek nélkülözhetetlenek az élővizekben zajló folyamatok megértéséhez, és ami végül e könyv megírásához vezetett.

Az ismeretek átadása megkívánta a kémiai és biológiai alapok újszerű tárgyalását, elsősorban a kémia tanításának nehézségei miatt. A tanulók az általános iskola utolsó éveiben többnyire őszinte tudásvágygal fogadják a biológiát, és megcsodálják a világ kitérőjét. Magam is nagy örömmel vettem, de nem csak a biológiát, hanem a lelkesen tanított kémiát is. Alig vártam, hogy a középiskolában mindezt még mélyebben megismerjem. Ám csalódtam, mert összefüggések helyett biológiából latin neveket (rendszerint tananyagot), szakkifejezéseket kellett tanulni, míg a kémia ugyan tisztázta az alapokat, de a periódusos rendszer jól felépített magyarázatán túl nem sokat adott. Ekkor a fizika felé fordultam, de a kémiát sem engedtem el. Fontosnak, nagyon fontosnak tartottam az élet titkának megértéséhez. Az egyetemen szembesültem vele, hogy a kémiát nem lehet kellő mélységben megismerni termodinamika nélkül. Ez pedig a fizika egyik legnehezebb – ha nem a legnehezebb – ága. (Ha csak annyit tudunk róla, hogy ebből született a kvantummechanika, talán érthető.) Amikor egyetemi éveim végén megismerkedtem a mikrobiológiával és annak léggel kapcsolatos részével, újra azt a lelkesedést éreztem, mint 14 évesen. Nagyszerű volt újra átélni és nem sokkal később a gyakorlatban alkalmazni.

Fiatalokat tanítva kerestem azokat a módszereket, amelyek megkönnyítik az alapvegyületek felépítésének és a kémiai reakciók lefolyásának magyarázatát. Másfelől egyre jobban meggyőződtem róla, hogy az állandósult állapot nem csak egy reakcióban, egy biokémiai folyamatban, hanem a vízi ökoszisztémákban is értelmezhető. Ez utóbbi nem csak egy elméleti megfontolás, hanem a napi munkám része is lett. Minthogy ennek jelentősége egyre nőtt a szememben, de sokak számára nehezen megfogható volt, próbáltam mindezt energetikailag megragadni a vegyületek leírásából és jellemzéséből kiindulva.

Miután a kémia energetikai szemléletű oktatása iránt nem találtam fogadókészséget, e könyv összeállításakor arra jutottam, hogy legjobb lenne a kettőt összekapcsolni. Írjunk egy olyan könyvet, ami a téma iránt érdeklődők, de akár gyakorló mérnökök számára is lehetővé teszi az élővizekben végbemenő kémiai és biológiai folyamatok mélyebb megértését, hogy ezzel is segítsük napi munkájukat.

A könyv írása közben az első fejezet folyamatosan bővült, ahogy a reakciók dinamikájának, a szervetlen és szerves alapvegyületeknek a bemutatása megkívánta. Végül a meghatározó biokémiai útvonalak energetikai leírásával és a folyamatok koncentrációfüggésének szemléletes bevezetésével vált teljessé az az eszköztár, ami lehetővé teszi a sejtben végbemenő biokémiai folyamatoknak és az élővizek vízminőség-változásainak egységes értelmezését.

Őszintén remélem, hogy a közreadott munka megmutatja, hogyan lehet a kémiai és biológiai jelenségeket a fizikai alapokig visszavezetni, hogy azok jól használhatóak legyenek a mindennapokban.

Horváth Gábor

Kérés az Olvasóhoz

A Szerzők nem gondolják, hogy az itt leírtak ne szorulnának kiegészítésre vagy javításra, ezért a figyelmes Olvasó bármely észrevételét szívesen fogadják.

9444 Fertőszentmiklós, Lukinich Mihály utca 7.
horvathgabor@zoldkorok.hu

BEVEZETÉS

A könyv első fejezetében leírt kémiai folyamatok részben ismertek lesznek az Olvasónak, hiszen a középiskolai alapoktól kezdve tárgyaljuk őket. A fő újdonság azok hajtóerejének bemutatásából adódik, ami lehetőséget teremt a kémiai-biokémiai reakciók irányának meghatározására, ez alapján az élő és élettelen megkülönböztetésére, majd az élő rendszerek energetikai jellemzésére és értelmezésére.

A kémiai ismeretek megalapozása során többek közt *Linus Pauling* szerkezeti és elméleti megfontolásait követjük. *Pauling* egy olyan rendszert alkotott meg, amivel az egyes atomok kapcsolódása általánosan is jól jellemezhető. Ez ma is használatos a molekulák leírására a szerves kémiai reakciók értelmezésénél. Nagyobb hangsúlyt helyezünk azonban a *Pauling* által bevezetett elektronegativitás (a továbbiakban: *EN*) fogalmának használatára a reakciók energetikai leírásában. Az *EN* értéke az elemek elektronvonzó és -leadó képességétől (elektronaffinitásától és ionizációs energiájának nagyságától) függ, annak mértékét jellemzi. Ez az alapja a későbbiekben leírt számításoknak és értelmezéseknek. Használata részben helyettesítheti a termodinamikai ismereteket, hasonlóan a *Heitler és London* által bevezetett, majd többek közt *Pauling* által is továbbfejlesztett vegyértékkötés-módszerhez [10], ahogy azok helyettesítik a kvantumkémiai ismereteket és számításokat a vegyész-mérnöki és tudományegyetemi szerves kémia tananyagban.

Az atomok, atomcsoportok elektronegativitásainak különbsége alapján leírt folyamatok jellemzői megfelelnek a termodinamikai egyenletekkel nyert eredményeknek. A két módszer azonos eredményre vezet (lásd az 1.2.3. fejezetben). Két különbség azonban van: az első, hogy a termodinamikai számítási mód számszerűen pontos értéket ad széles hőmérséklet-tartományban, míg az *EN* alapján történő számítás csak közelítő értéket, amely korlátozott hőmérséklet-tartományban érvényes. A másik, hogy a termodinamikai számítási mód csak akkor átlátható, ha a használója a „képletek mögött” látja és jól ismeri a termodinamikai összefüggéseket, ami napi gyakorlatot és biztos számítási tudást igényel. Ezzel szemben az *EN* alapján számolt és értelmezett modell jól átlátható, és az alapok begyakorlása után megbízhatóan használható. Jelen sorok írója (H. G.) is ezt a módszert használja a reakciók irányának és energiaváltozásainak jellemzésére, mert ez a vegyész-mérnökök számára is gyors ellenőrzést tesz lehetővé a napi gyakorlatban.

A kémiai alapozás után a könyv további fejezeteiben tárgyaljuk az élő szervezeteket alkotó makroelemek körforgását, a víz tulajdonságait és kitüntetett szerepét az élet szempontjából, a vízminőség összetevőit és azok változásait, majd rendszerezük a szennyezőanyagokat: a savas üledést, a szerves anyagokat, valamint a fémeket. Számba vesszük a múltban történt szennyezések tapasztalatait, illetve bemutatunk olyan kezelési módszereket, amik legalább kísérleti fázisban eredményesek voltak. Ennek során nem volt célunk a szennyezőanyagok sajnálatosan bővülő listájának hiánytalan számbavétele, hiszen erről bőséges szakirodalomból tájékozódhat az érdeklődő. Sokkal inkább igyekeztünk azokat energetikai szempontból megközelíteni, mert meggyőződésünk, hogy a mindenkori vízminőséget alakító tényezőket ezzel a szemlélettel lehet jól nyomon követni. A fejezetek végén az elméleti ismereteket szakirodalomban közölt példák, illetve esetleírások egészítik ki.

A könyv szerkesztésekor arra törekedtünk, hogy szakemberek és a témában kevésbé jártas érdeklődők egyaránt megtalálják benne a maguk számára hasznos területeket. Az első két fejezetbe kerültek azok az ismeretek és megfontolások, amelyek nélkülözhetetlenek az élővizek vízminőség-változásainak leírásához. *Kérjük a tisztelt Olvasót, hogy ne ugorja át ezeket a számára akár egyértelműnek látszó részeket mivel az ott tárgyaltak a későbbiekben hiányozni fognak.* A továbbiak már tetszőleges sorrendben olvashatók. Aki pedig csak gyors áttekintésre vagy tallózásra vágyik, annak minden fejezetben rövid tartalmi kivonat és összegzés áll rendelkezésre.

További iránymutatásként a könyv kétszintű tördeléssel készült, ahol a kisebb betűkkel szedett szövegrészek bővebb és mélyebb betekintést adnak egy-egy részterületbe. Ezek akár át is léphetők, ha az Olvasó az adott területen nem szeretne elmélyülni vagy számára egyértelmű ismereteket talál. A rövidítések jegyzéke, a tárgymutató és számos kereszthivatkozás a fogalmak rendszerezésében, valamint az összefüggések megragadásában, a fejezetek végén található bibliográfia a szakirodalmi tájékozódásban lehetnek hasznosak. Mindezek mellett a szélesebb közönség számára kevésbé ismert szakkifejezéseket megvilágító fogalomtár, és lábjegyzetek is segítik az Olvasót.

1. fejezet

A SEJTSZINTŰ ANYAGCSERE FIZIKAI, KÉMIAI ÉS BIOLÓGIAI ALAPJAI

Az atomok és a periódusos rendszer bemutatása, az egyszerű vegyületek felépítésének okai. Az elektronegativitás felhasználása a kémiai reakciók irányának és intenzitásának jellemzésére. Kötések, molekulák, szerkezetek értelmezése az egyszerű, majd összetett vegyületektől az élő szervezetben előforduló meghatározó vegyületekig és makromolekuláig. A legfontosabb fizikai-kémiai fogalmak és folyamatok leírása és a reakciók számszerű jellemzése, amik lehetővé teszik a sejt szintű kémiai változások bemutatását. Alapvető biokémiai reakcióútvonalak (fotoszintézis, szénhidrát-lebontás, citromsavciklus, zsírsavszintézis és -lebontás, aminosav-szintézis és -lebontás) és azok egyszerű energetikai jellemzése. Az energetikai leírás lehetővé teszi az élő értelmezését, a sejtekben végbemenő biokémiai folyamatok megértését. Baktériumok alkotta ökoszisztémák energetikai kapcsolatai és azok következményei.

Tartalomjegyzék

1.1. AZ ANYAGOK ÉRTELMEZÉSE	15	1.6.2. Többféle elemből felépülő szerves molekulák	62
1.1.1. Atomok, elemek, vegyületek, ionok, elektromegativitás	15	1.6.3. Polimermolekulák	63
1.1.2. Azonos atomokból felépülő anyagok	17	1.6.4. Biológiai energiaszállító alapvegyületek	67
1.1.3. Kétféle elemből felépülő vegyületek	18	1.6.5. Biológiai hidrogénzállító alapvegyületek	70
1.1.4. Többféle elemből felépülő vegyületek	20	1.7. A SEJTÉK ANYAGCSERÉJÉNEK SZÍNTEREI ÉS A TRANSPORT-FOLYAMATOK MODELLJE	71
1.2. A KÉMIAI REAKCIÓK ENERGETIKÁJA	21	1.7.1. A membránok jelentősége és transzportfolyamatai	72
1.2.1. A kémiai reakciók és irányuk	21	1.7.2. A sejt általános felépítése	78
1.2.2. A redoxreakciók értelmezése és a reakcióegyenletek rendezése	24	1.8. A BIOKÉMIAI FOLYAMATOK JELLEMZÉSE	82
1.2.3. Az elektronegativitás, a standardpotenciál és az égéshő összefüggése	26	1.8.1. Az élő szervezetben végbemenő biokémiai reakciók energetikája	82
1.3. KÉMIAI KÖTÉSTÍPUSOK ÉS AZ ANYAGOK MEGJELENÉSI FORMÁI	29	1.8.2. Az élő szervezet állandósult állapota	84
1.3.1. Elsődleges kötések	29	1.9. AZ ANYAGCSERE MEGHATÁROZÓ FOLYAMATAI	85
1.3.2. Speciális kötések és vegyületek	32	1.9.1. Fotoszintézis	86
1.3.3. Az anyagok megjelenési formái	35	1.9.2. A kémiai energia felszabadítása az életfolyamatok számára	93
1.3.4. Másodlagos kötések	36	1.9.3. Zsírsavak szintézise és lebontása	101
1.4. A MOLEKULÁRIS FOLYAMATOK JELLEMZÉSE, FELTÉTELEI	38	1.9.4. Aminosavak szintézise és lebontása	105
1.4.1. A mennyiségmérés jelentősége – a mólnyi anyagmennyiség meghatározása	38	1.9.5. A nagyenergiájú foszfátvegyületek és a hidrogénzállítók szerepe	107
1.4.2. A koncentráció	39	1.10. AZ ÉLŐ RENDSZEREK ENERGETIKAI LEÍRÁSA	108
1.4.3. Protonátmenetek, sav-bázis reakció	39	1.10.1. A sejtanyagcsere energetikai modellje	108
1.4.4. A kémiai reakciók létrejöttének feltételei	40	1.10.2. Az ökoszisztémák egységének energetikai alapjai	110
1.4.5. Az egyensúlyi állapot	42	1.11. AZ ÖKOSZISZTÉMÁK ÉS AZ EMBERI TEVÉKENYSÉG ÁLLANDÓSULT ÁLLAPOTA – ÉLŐ VOLTA	114
1.4.6. Az anyagok eloszlásának hatása a kémiai változásokra	47	1.12. ÖSSZEGZÉS	115
1.4.7. A kémiai reakciók feltételei	55	Irodalomjegyzék	116
1.4.8. Kapcsolt reakciók	55		
1.5. SZERVETLEN ANYAGOK	56		
1.5.1. A nemesgázok	56		
1.5.2. Fémek és vegyületeik – oxidok, sók, lúgok	57		
1.5.3. Szervetlen molekulák	57		
1.6. SZERVES MOLEKULÁK	60		
1.6.1. A szerves molekulák alapváza	60		

2. fejezet

A BIOGÉN ELEMÉK KÖRFORGALMA

A biogeokémiai körforgás értelmezése. Az élő szervezetek energianyerése és biológiai produkciója szempontjából meghatározó elemek körforgása. Az oxigén jelentősége az energiefelzabálásban és más elemek körforgalmában. Az élő szervezetek szerepe a C, N, S, P elemek vegyületeinek átalakulásában és az élővizek tápelemháztartásában. A biológiai tápelemforgalom környezeti meghatározottsága térben és időben a hőmérséklet, pH, redoxpotenciál, szerves táp- és szennyezőanyagok jelenlétének, napszakok és évszakok váltakozásának hatására. Az elemek körforgásának hatása a vízminőségre.

Tartalomjegyzék

2.1. AZ ÉLŐVIZEK ANYAG- FORGALMÁNAK ENERGETIKAI FELTÉTELEI	121	2.5. A KÉN KÖRFORGALMA ÉS KÍSÉRŐ ELEMÉ, A SZELÉN	144
2.1.1. Az anyagforgalom biológiai hajtóereje	121	2.5.1. Kénasszimiláció (biomassza képződése)	146
2.1.2. A légzési módok energetikai értelmezése.	121	2.5.2. Deszulfurikáció (a biomassza lebomlása)	146
2.2. A SZÉN KÖRFORGALMA	124	2.5.3. A kén körforgalmához kapcsolódó ener- gianyeroő folyamatok.	146
2.2.1. A fotoszintézis szénkötésének vízkémiai hatásai	125	2.5.4. A kénforgalom összefüggései a vízi öko- szisztémában	148
2.2.2. A szerves szénvegyületek lebontása.	127	2.5.5. A szelén az élő rendszerekben.	149
2.2.3. A vizek metánanyagcseréje.	128	2.6. A FOSZFOR KÖRFORGALMA	150
2.3. AZ OXIGÉN KÖRFORGALMA	130	2.6.1. Tavak foszforháztartása.	152
2.3.1. A felszíni vizek oxigénháztartása.	132	2.6.2. A foszfátkoncentráció napszakos és évszakos ingása	154
2.3.2. A légzés és a fotoszintézis kapcsolata a vízi életközösségben	132	2.6.3. A foszfor mozgása folyóvizekben.	155
2.4. A NITROGÉN KÖRFORGALMA	135	2.7. A MIKROORGANIZMUSOK SZEREPE A TERMÉKENY TALAJKÖRNYEZET FENNTARTÁSÁBAN.	156
2.4.1. A felszíni vizek nitrogén- háztartása.	136	2.8. A LÉGZÉS SZEREPE AZ ÉLET EVOLÚCIÓJÁBAN ÉS A FIZIKAI TÖRVÉNYEK ÁLLANDÓSÁGA	158
2.4.2. A nitrogénasszimiláció folyamatai.	137	2.9. ÖSSZEGZÉS	159
2.4.3. A nitrogén körforgalmához kapcsolódó energianyeroő folyamatok.	138	Irodalomjegyzék	160
2.4.4. Nitrogénforgalom a talaj- és vízrendszerekben	141		

3. fejezet

A VÍZ TULAJDONSÁGAI ÉS JELENTŐSÉGE AZ ÉLET SZÁMÁRA



A víz mint vegyület kitüntetett szerepe az élővilágban. Fizikai, kémiai tulajdonságai, azok hatása a kémiai reakciókra, enzimikus folyamatokra, a sejt felépítésére és az ökoszisztémára. A pH fogalma. A víz körforgása és klímaszabályozó hatása. Felszíni vizek savasodása. A savasodást ellensúlyozó beavatkozások.

Tartalomjegyzék

3.1.	A VÍZ ÉS AZ ÉLET.	165	3.6.1.	Kénsav és salétromsav keletkezése a légkörben	177
3.2.	A VÍZ SZERKEZETE.	165	3.6.2.	A savasodás folyamata	178
3.3.	A VÍZ FIZIKAI ÉS KÉMIAI TULAJDONSÁGAI ÉS AZOK BIOLÓGIAI JELENTŐSÉGE.	166	3.6.3.	A savas esők hatása a környezetre	178
3.3.1.	Fizikai tulajdonságok	166	3.7.	TAVAK ELSAVASODÁSA – ESETLEÍRÁSOK	179
3.3.2.	A víz mint oldószer.	168	3.7.1.	A vízminőség javítása a Jizera-hegység vízgyűjtőjén (Csehország)	179
3.3.3.	A víz mint reakciópartner	170	3.7.2.	A szulfátsavasság csökkentése kénvegyületek biológiai leválasztásával a Plessa 111. jelű bányatóban (Németország)	183
3.3.4.	A víz mint elektrondonor	170	3.7.3.	Semlegesítő módszerek modellezése a Grünwalder Lauch bányatóban (Németország)	185
3.3.5.	A víz tulajdonságainak összefoglalása	171	3.7.4.	Svédországi savas tavak rehabilitációja	186
3.4.	A PH FOGALMA.	172	3.8.	ÖSSZEGZÉS	188
3.5.	A víz természetes körforgása	173		Irodalomjegyzék	189
3.5.1.	A víz előfordulása	173			
3.5.2.	A természetes vízkörforgás összefüggései	173			
3.5.3.	A kis vízkör	175			
3.5.4.	A víz szerepe a környezet hőháztartásában	176			
3.6.	FOLYÓK ÉS TAVAK SAVASODÁSA	177			

4. fejezet

A VÍZMINŐSÉG ÖSSZETEVŐI ÉS VÁLTOZÁSAI

A baktériumok szaporodásának feltételei. A biológiai vízminősítés módszertana az ionösszetétel, a biológiai produkció, a lebontás intenzitása és a mérgező hatások alapján (halobitás, trofitás, szaprobitás, toxicitás). Élővizek terhelésekor létrejövő válaszok. Az eutrofizáció (másodlagos szennyező hatások) és következményei. Sekély tavak alternatív állapotai. Tavak vízminőségének romlása, ezek lehetséges kezelése (esetleírások toxikus és tápanyagszennyezések köréből). Nagy tavaink (Balaton, Fertő, Velencei-tó, Tisza-tó) vízminőségét meghatározó történeti és jelenkori tényezők, beavatkozási lehetőségek.

Tartalomjegyzék

4.1.	A MIKROORGANIZMUSOK SZAPORODÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK	193	4.8.2.	Klórozott szennyvíz hatására kialakuló mutagén aktivitás	222
4.1.1.	Hőmérséklet	193	4.8.3.	PCB-szennyezett halak testtömeg-gyarapodása és bioakkumulációja (Kína)	223
4.1.2.	Vízaktivitás	194	4.8.4.	A Balti-tenger eutrofizációja	225
4.1.3.	A pH hatása	195	4.8.5.	A Moses-tó felújítása hígítással (USA)	226
4.1.4.	Oxigénkoncentráció	196	4.8.6.	Víztározók eutrofizációjának csökkentése előtározással	227
4.1.5.	A környezet redoxpotenciálja	197	4.8.7.	Bioregeneráció hatása a Væng-tó állapotváltozására (Dánia)	228
4.2.	A FELSZÍNI VIZEK MINŐSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA	198	4.8.8.	Egy tó zavarosságának visszatérése biológiai beavatkozást követően (Hollandia)	229
4.2.1.	Kémiai vízminősítés	198	4.8.9.	Cianobaktériumok és kovaalgák versenyszerű szaporodása a Sainenbach-tározóban (Németország)	230
4.2.2.	Biológiai vízminősítés	198	4.8.10.	Tavak foszforterhelésének csökkentése fém sók és meszezőanyagok alkalmazásával	232
4.3.	HALOBITÁS	199	4.8.11.	Az üledékben kötött foszforformák megoszlása németországi tavakban	236
4.4.	TROFITÁS	201	4.9.	HAZAI NAGY TAVAINK VÍZMINŐSÉGÉT ALAKÍTÓ TÉNYEZŐK	239
4.5.	SZAPROBITÁS	202	4.9.1.	Balaton	239
4.6.	TOXICITÁS	204	4.9.2.	Fertő tó	245
4.6.1.	A toxicitás formái és mérése	204	4.9.3.	Velencei-tó	251
4.6.2.	Vegyí anyagok felhalmozódása és kockázatuk számszerű jellemzése	207	4.9.4.	Tisza-tó	255
4.6.3.	Természetes eredetű, ipari terhelésként is előforduló mérgező anyagok hatása a vízi élőlényekre	208	4.10.	ÖSSZEGZÉS	259
4.7.	EUTROFIZÁCIÓ	213		Irodalomjegyzék	260
4.7.1.	Az eutrofizáció oka	213			
4.7.2.	Az eutrofizáció folyamata és következményei	213			
4.7.3.	Az eutrofizáció korlátozása	215			
4.7.4.	A nitrogén és foszfor arányának szerepe	216			
4.7.5.	Sekély tavak alternatív állapotai	218			
4.7.6.	Az éghajlatváltozás vízminőséget érintő várható következményei	220			
4.8.	A VÍZMINŐSÉG VÁLTOZÁSAI – ESETLEÍRÁSOK	221			
4.8.1.	Halak érzékenysége a szulfittoxicitásra	221			

5. fejezet

SZERVES SZENNYEZŐANYAGOK A VÍZI KÖRNYEZETBEN



Élővizek természetes és antropogén eredetű szerves szennyezőanyagai, azok környezeti jelentősége és sorsa. Csoportosításuk az egyszerű szénhidrogénektől a bonyolult, többszörösen halogénezett gyűrűs vegyületekig, illetve a funkcionálisan rendszerezett anyagcsoportokig (felületaktív anyagok, gyógyszermaradványok, műanyagok). A fontosabb szerves szennyezők biológiai hatásterületei. A biológiai bonthatóság feltételei. Abiotikus lebomlási folyamatok. Nehezen bontható szerves anyagok lebontásának elméleti lehetőségei. Esetleírások a terhelések megjelenéséről, kísérleti és technológiai szintű megoldásokról.

Tartalomjegyzék

5.1.	ÉLŐVIZEK TÁPANYAG- TERHELÉSÉNEK FORMÁI ÉS KÖVETKEZMÉNYEI	267	5.7.7.	Klórfenolok kimutatása folyóvízi és tavi üledékből (Hollandia)	310
5.2.	TERMÉSZETES EREDETŰ SZERVES SZENNYEZŐANYAGOK	268	5.7.8.	PCB-vegyületek a Ketelmeer-tó üledékében (Hollandia)	311
5.3.	ANTROPOGÉN EREDETŰ SZERVES SZENNYEZŐANYAGOK	269	5.7.9.	Mikrobiális reduktív deklórozás gyorsítása torkolati üledék anaerob iszapjában (USA)	312
5.3.1.	A szerves mikroszennyezők vízterhelésének nagyságrendje	274	5.7.10.	Szerves klórozott peszticidek eloszlása a Volvi-tó vizében és üledékében (Görögország)	313
5.4.	BIOLÓGIAI BONTHATÓSÁG, ADAPTÁCIÓ	275	5.7.11.	Klórozott peszticidek a Guanting-tározó üledékében (Kína)	314
5.4.1.	A lebontást akadályozó körülmények	277	5.7.12.	Az MCPA fotokémiai lebomlása a Temze vizében (Anglia)	316
5.5.	A VÍZFÁZISBAN SZENNYEZŐ SZERVES VEGYÜLETCSOPORTOK ÉS AZOK SORSA	279	5.7.13.	Aromás aminok jelenléte folyókban, és biológiai bonthatóságuk vizsgálata (Németország, Hollandia)	318
5.5.1.	Egyszerű (alifás) szénhidrogének	279	5.7.14.	Gyógyszermaradványok felmérése európai felszíni vizekben (Balti-régió és Hollandia)	320
5.5.2.	Gyűrűs szénhidrogének nem halogénezett származékai	280	5.7.15.	Citosztatikus hatóanyagok környezeti kockázatbecslése (Hollandia)	326
5.5.3.	Halogénezett szénhidrogének	282	5.7.16.	Gyógyszerhatóanyagok eloszlása a biológiai szennyvíztisztítás folyékony és szilárd fázisaiban (Dél-Korea)	327
5.5.4.	N-szubsztituált aromás és azovegyületek	289	5.7.17.	Tetraciklin eltávolítása édesvízű és sós szennyvizet kezelő szennyvíz- telepeken (Kína)	329
5.5.5.	Felületaktív anyagok (tenzidek)	290	5.7.18.	Gyógyszermaradványok előfordulása a Dunában, és a parti szűrés hatékonysága (Magyarország)	331
5.5.6.	Gyógyszermaradványok	293	5.7.19.	Gyógyszermaradványok előfordulása és eloszlása talajvizben és szennyvíziszapban (USA)	332
5.5.7.	Műanyagok	296	5.7.20.	Gyógyszermaradványok eltávolítása porított aktív szénrel szennyvíztisztítók utókezelőjében (Svédország)	333
5.5.8.	A leggyakoribb szerves szennyező- anyagok biológiai bonthatóságának áttekintése	297	5.7.21.	Gyógyszermaradványok biológiai eltávolítása szennyvízből (Magyarország)	334
5.6.	ABIOTIKUS LEBOMLÁSI FOLYAMATOK	299	5.7.22.	Műanyagpolimer-porral szennyezett ipari szennyvíz pH-csökkenése biológiai szennyvíztisztítóban (Magyarország)	335
5.7.	ESETLEÍRÁSOK	300	5.8.	ÖSSZEGZÉS	336
5.7.1.	Veszélyes növényvédő szerek használatának korlátozása Magyarországon	300	Irodalomjegyzék	337	
5.7.2.	Magyarországi peszticidmaradványok felmérése (1999–2015)	302			
5.7.3.	Kis molekulású antropogén eredetű szerves szennyeződések a Rajnában (Németország)	303			
5.7.4.	Közutakról lefolyó szennyezett csapadékvíz kezelése (Magyarország)	306			
5.7.5.	Közutak PAH-szennyeződések (Németország)	306			
5.7.6.	Az üledékhez kötődött PAH-vegyületek biológiai lebontására vonatkozó vizsgálatok	308			

6. fejezet

NEHÉZFÉMEK A VÍZI KÖRNYEZETBEN

A nehézfémek fogalma. A fémek szerepe az élő szervezetekben és az ökológiai rendszerekben. Fémszennyezések akut és krónikus mérgező hatása. A szennyezés forrásai és a befogadóba bocsátás határértékei. A pH, a redoxpotenciál, az adszorpció és a komplexképződés hatása a fémek mobilitására a víz–üledék rendszerben. Huminsavak (komplekképző vegyületek) koncentrációjától függő nehézfém-oldhatóság modellezése a meghatározó nehézfémionokra. Fémek előfordulási formáinak diagramjai vizes környezetben (Pourbaix-diagramok). Fémszennyezések koncentrációjának becslése bioindikátorok segítségével. A biológiai tisztításra veszélyes fémkoncentrációk. Fémszennyezések eltávolításának lehetőségei ipari szennyvizekben és élővizekben. Esetleírások a fémszennyezések köréből.

Tartalomjegyzék

6.1.	A NEHÉZFÉMEK ÉRTELMEZÉSE.....	343	6.8.	FÉMEKKEL SZENNYEZETT FELSZÍNI VIZEK TOXICITÁSA.....	377
6.2.	A FÉMEK SZEREPE AZ ÉLŐ SZERVEZETBEN ÉS A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁBAN.....	343	6.8.1.	Fémszennyezések ártalmatlanítási lehetőségei.....	377
6.3.	A FÉMSZENNYEZÉS BIOLÓGIAI ÉS ÖKOLÓGIAI HATÁSAI.....	345	6.9.	FÉMSZENNYEZÉSEK A VÍZI KÖRNYEZETBEN – ESETLEÍRÁSOK.....	383
6.4.	A NEHÉZFÉMSZENNYEZÉS FORRÁSAI.....	346	6.9.1.	Kadmium okozta betegség a Toyama prefektúrában (Japán).....	383
6.5.	FÉMEK ELOSZLÁSA A VÍZTÉR ÉS AZ ÜLEDÉK KÖZÖTT.....	348	6.9.2.	A Minamata-öböl higanyszennyezése (Japán).....	383
6.6.	A NEHÉZFÉMEK MOBILITÁSÁT BEPOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK.....	349	6.9.3.	Nehézfémek bioakkumulációja a Zemborzyce-tározóban (Lengyelország).....	384
6.6.1.	A pH és a redoxpotenciál változása.....	349	6.9.4.	A nehézfém-szennyeződés trendje európai folyókban.....	385
6.6.2.	Komplekxképzés.....	351	6.9.5.	Norvégiai tavak nehézfém- szennyezése.....	386
6.6.3.	Adszorpció.....	352	6.9.6.	A Balti-tenger nehézfémterhelése.....	387
6.6.4.	A sótartalom hatása a nehézfémek oldódására.....	353	6.9.7.	Lebegőanyaghoz kötődő fémszennyezés az Ontario-tóban (Kanada).....	388
6.6.5.	A szerves komplexek stabilitása.....	354	6.9.8.	A Mathews-tó üledékének rézterhelési vizsgálata (USA).....	388
6.7.	ELŐFORDULÁSI FORMÁI A VIZEKBEN.....	360	6.9.9.	Lakossági szennyvíz nehézfém-tartalmának változása eleveniszapos szennyvíztisztítás során (Magyarország).....	390
6.7.1.	Vas és vegyületei.....	360	6.9.10.	Cianiddal együtt érkező nehézfém- szennyezés a Tiszán.....	390
6.7.2.	Mangán és vegyületei.....	362	6.9.11.	A borsabányai gátszakadással összefüggő fémszennyezés a Tiszán (Băile Borșa, Románia).....	392
6.7.3.	Kadmium és vegyületei.....	364	6.10.	ÖSSZEGZÉS.....	394
6.7.4.	Ólom és vegyületei.....	365		Irodalomjegyzék.....	395
6.7.5.	Réz és vegyületei.....	366			
6.7.6.	Króm és vegyületei.....	367			
6.7.7.	Nikkel és vegyületei.....	370			
6.7.8.	Cink és vegyületei.....	371			
6.7.9.	Higany és vegyületei.....	372			
6.7.10.	A nehézfémek valószínű formái az élővizekre jellemző oxidációs állapotban és pH-tartományban.....	376			