

VÍZKÉMIAI VIZSGÁLATOK A TIHANYI BELSŐ-TÓBAN 1950—51-BEN (BIOLÓGIAI ÉS KÉMIAI VIZSGÁLATOK A MEGVÁLTOZOTT BELSŐ-TAVON I.)

ENTZ BÉLA

(Érkezett: 1951 október 1-én)

A tihanyi Belső-tó arculata 1942 óta erősen megváltozott. A víz szintje megemelkedett, a nádas nagyrésze kipusztult, a hínár erősen meggyérült, a vízen gyakori a kékmosságok okozta vízvirágzás, a tóból halastó lett stb. Mindezek a változások indokoltá tették, hogy a tóban időközben bekövetkezett esetleges kémiai és biológiai (állati- és növényi-plankton stb.) változások megállapítására vizsgálatok induljanak. Az alábbiakban a kémiai vizsgálatokról számolok be, melyeket 1950 júliusától 1951 júliusáig végeztem.

MÓDSZER

A vízelemzéseket a WINKLER-féle eljárásokkal (MAUCHA, 1930), ill. a WINKLER—MAUCHA-féle ú. n. félmikro terepmódszerekkel végeztük. (MAUCHA, 1945.) A K^+ -t emellett lángfotometriás eljárással is meghatároztuk. Az ionok mennyiségét mg/l-ben, a vízkeménységet pedig német fokokban fejeztük ki. A tó kémiai viszonyaiban az utóbbi 16 év alatt észlelhető változások kiértékelésére eredményeinket összehasonlítottuk VARGHA 1932—33-ban végzett foszforszint meghatározásaival (VARGHA, 1934), továbbá MÓRICZ, 1937-es, és JACZÓ—MANN 1938—39-es elemzéssorozataival (MÓRICZ, 1938 és JACZÓ—MANN, 1940), végül MAUCHA 1943-as adataival (MAUCHA, 1949 és MAUCHA in litt.).

A vizsgálati vízmintákat általában 2 helyről merítettük: 1. a tó közepétáján a nyíltvíz felszínéről (Ny.) és 2. a tó déli partjáról (P) (T á b l á z a t). Egy alkalommal külön vettünk még vízmintát a nyíltvízen a fenékről (F), más alkalommal pedig a libaúsztatónál a partról (L.).

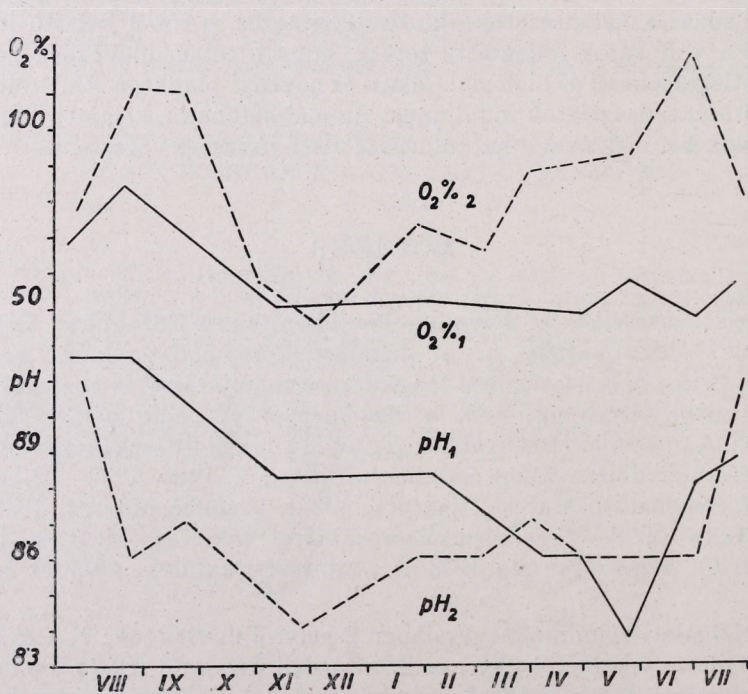
A víz hőmérsékletét a gyűjtés helyén mértük meg. Egyébként a vízmintákat üveg dugós üvegben lezárva a laboratóriumba szállítottuk, és ott vizsgáltuk meg. Az elemzések közül a pH, O_2 , oxigénfogyasztás, NH_4^+ , proteidammonia, NO_2^- , NO_3^- és PO_4^{3-} meghatározásokat másnap, a többi vizsgálatot pedig lehetőleg a következő néhány napon végeztük el.

A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYE

Oxigénviszonyok

A nyíltvízben az oxigéntelítettség 47—67% között ingadozott. Csak a szeptemberi gyűjtés alkalmával emelkedett 84,3%-ra. Ezek szerint az oxigéntelítettség arányilag egyenletes volt, és viszonylag alacsony szinten mozgott (1. Á b r a). MÓRICZ és JACZÓ—MANN hasonló értékei jóval magasabbak (70—110%) és határozott évszakos ingadozást mutatnak. Adataik szerint 1937 és 38 nyarán magas volt az oxigéntelítettség (110—130%), mely az őszi hónapokban az általunk is észlelt alacsony értékekre (40—50%) csökkent, a tél folyamán pedig ismét fokozatosan emelkedett. A fenéken nyáron 1938-hoz hasonlóan igen alacsony volt az oxigéntelítettség. A parti értékek a nyíltvízieknél kissé nagyobb ingadozást mutattak, de magasabb telítettségi értékeket itt sem észleltünk.

Az oxigénfogyasztás egész éven át elég állandó (3,86—6,82 mg O₂/l) és nagyságrendileg megegyezik MAUCHA adatával (6,6 mg O₂/l — MAUCHA in litt.).



1. á b r a. A Belső-tó kémiai viszonyai az 1950—51. évben. Oxigéntelítettségi és pH viszonyok a tihanyi Belső-tóban. Entz 1950—51. ————— Jaczó-Mann 1938—39.

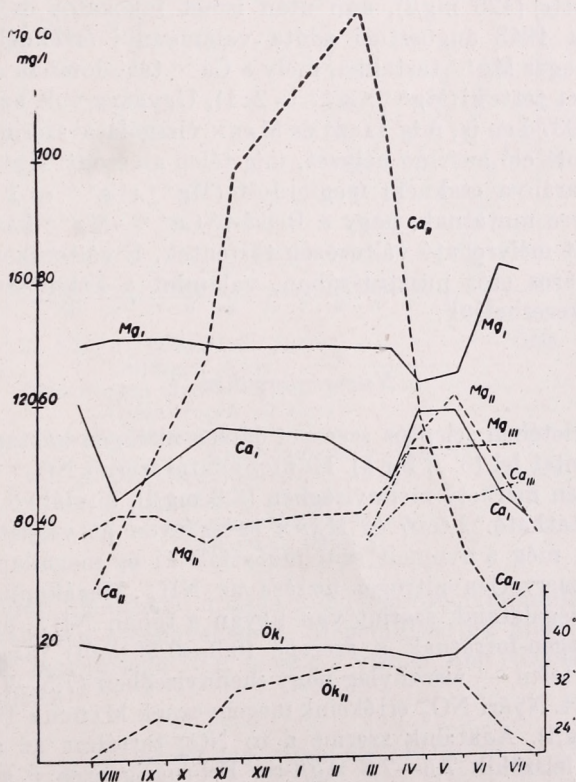
Hidrogénionkoncentráció (pH)

A nyíltvízben a pH évszakos ingadozást mutat (1. Á b r a). Legmagasabb volt július—augusztusban (9,16—9,17), ami közel megegyezik MAUCHA 1943

augusztusi (8,98) adatával, valamint a 38-as (9,10) és 37-es (8,85) júliusi adatokkal. A pH görbe évi lefutása azonban a vizsgálati időkben különböző volt. A görbe — MÓRICZ adataival megegyezően — májustól júliusig emelkedik (1951-ben 8,37-ről 8,86-ra, 1937-ben 8,54-ről 8,85-re). 1950—51-ben a pH a nyári maximumról fokozatosan csökkent egészen a következő év májusáig (9,17-ről 8,37-re), viszont 1938—39-ben a minimum már novemberben bekövetkezett (8,34), ami után szinte egyenletes emelkedés volt megállapítható. JACZÓ és MANN vizsgálatai idején a pH és az O_2 telítettségi görbe csaknem párhuzamos, mely jelenség a mi vizsgálataink idején nem következett be.

Lúgosság — összes keménység — Ca^{++} és Mg^{++}

Vizsgálataink során a lúgossági értékek $14,40^\circ$ (augusztus) és $15,78^\circ$ (július) között ingadoztak, és így teljesen megegyeznek MÓRICZ adataival ($14,4^\circ$ — $15,79^\circ$). 1938—39-ben a lúgosság erősebben ingadozott ($13,9^\circ$ — $16,8^\circ$),



2. ábr a. Összes keménység (Ök) — német fokokban
 —, Ca^{++} és Mg^{++} mg/l.
 ————— Entz 1950—51 (Ca_I , Mg_I , $Ök_I$)
 - - - - - Jaczó—Mann 1938—39 (Ca_{II} , Mg_{II} , $Ök_{II}$)
 ··········· Móricz 1937 (Ca_{III} , Mg_{III})

és általában magasabb volt, mint most. Mindezeknél alacsonyabb értékeket állapított meg 1943-ban MAUCHA (12,2°).

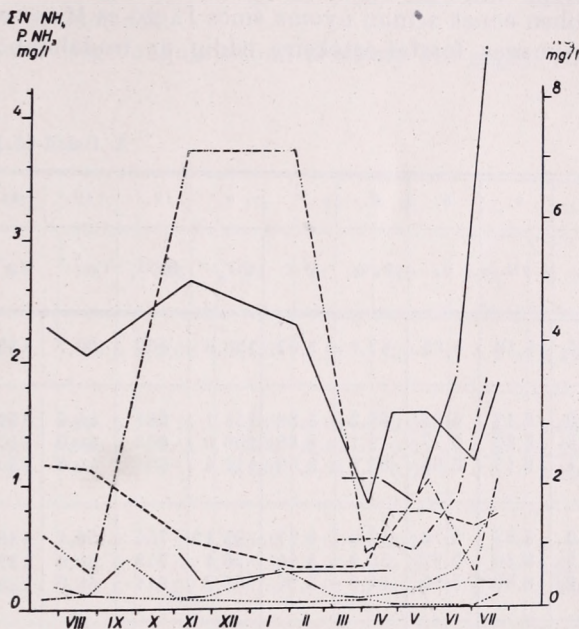
Az összes keménység csaknem az egész vizsgálati időszak folyamán igen állandó (39—40°). Csak tavasszal csökken enyhén 36—38°-ra, majd júliusban felugrik 43—44°-ra. Megjegyzendő, hogy míg az év legnagyobb részében a nyíltvízi és a parti értékek csaknem teljesen megegyeznek, a kiugró nyári nyíltvízi értékek esetében a parti értékek éppen ellenkezőleg hasonló mértékben csökkennek. Az általunk észlelt keménységi értékek valamennyien magasabbak az eddigi eredményeknél, aminek közvetlen oka a Mg^{++} erős felszaporodása a tó vizében. Az összes keménység görbéje nem mutatja a JACZÓ—MANN vizsgálataiból kitűnő egyenletes évi változást, sem a téli-tavaszi maximumot, sem a nyári minimumot.

A víz Ca^{++} háztartása most olyan, mint volt 1937-ben, viszont egészen más jellegű, mint 1938—39-ben (2. Ábra). Most és MÓRICZ vizsgálatai idején a víz Ca^{++} tartalma csak kevésbé ingadozott az év folyamán (40—60 mg/l), 1938—39-ben viszont a nyári minimumot (28 mg/l) kiemelkedő téli maximum követte (120 mg/l), ami után ismét fokozatos csökkenés következett. MAUCHA 1943 augusztusi adata valamennyi értéknél alacsonyabb. Feltűnő a víz magas Mg^{++} tartalma, mely a Ca^{++} tartalomnak állandóan több mint a kétszeresét tette ki ($Mg^{++}:Ca^{++} = 2:1$). Ugyanez volt az arány MÓRICZ adatai szerint 1937-ben is, míg JACZÓ és MANN vizsgálatai szerint csak a nyári-hónapokban állott elő hasonló helyzet, míg télen alacsony Mg^{++} értékek mellett a két ion aránya csaknem megfordult ($Mg^{++}:Ca^{++} = 2:3$). Mindezek a vizsgálatok arra mutatnak, hogy a Belső-tó Ca^{++} — Mg^{++} háztartásában az eltelt 12 év alatt mélyreható változások történtek. E változások okát részben a nádas és hináros erős pusztulásában, valamint a kékmoszatok hatalmas előretörésében kereshetjük.

Nitrogénforgalom

A tavak életében jelentős szerepet játszó nitrogén-háztartás is érdekes változásokat tüntet fel (3. Ábra). MÓRICZ adatai szerint NO_3^- csak egy alkalommal volt jelen mérhető mennyiségben (3,8 mg/l), általában csak nyomokban volt kimutatható. JACZÓ és MANN egész éven át végzett vizsgálataik során NO_3^- -nak még a nyomait sem mutatták ki és megállapításuk szerint a tó egyetlen szervesetlen nitrogén-forrása az NH_4^+ . Megállapításukkal ellentétben a mi vizsgálataink szerint van ugyan a tóban NH_4^+ , de ennek, mint szervesetlen nitrogén-forrásnak a szerepe (0,3—0,5 mg/l) messze alárendelt a — különösen télen — viszonylag nagy mennyiségben (7,5—7,8 mg/l) jelenlévő NO_3^- mellett. Nyári NO_3^- értékeink megegyeznek MAUCHA 1943 augusztusi adatával (1,3 mg/l). Adataink szerint a tó NO_3^- tartalma az augusztusi 0,6 mg/l-ről összfelzökik 7,5—7,8 mg/l-re. Februárig ezen a szinten marad, ezután viszont április elején minimumra csökken. Később mennyisége ismét növekszik és májusban kis maximumot ér el. Ezután a NO_3^- tartalom ismét csökken. A NO_3^- -nalszinte párhuzamos az össznitrogén görbéjének a lefutása is. A proteidammonia mennyisége viszont nyáron maximális, ősztől egészen

április elejéig egyenletesen csökken, majd április végén hirtelen felemelkedik az előző nyári szintre. Mindezekből kiviláglik, hogy milyen alacsonyak az 1938—39-es értékek, akár az 1937-es, akár az 1943-as, akár pedig az 1950—51-es értékekhez viszonyítva. Általánosságban tehát megállapíthatjuk, hogy az utóbbi években az NH_4^+ mennyisége csökkent. Ez az össznitrogén



3. ábra. Nitrogénforgalom. — Össznitrogén (Entz);
 Össznitrogén (Jaczó-Mann); ..
 Össznitrogén (Móricz); - - -
 Proteidammonia (Entz);
 Proteidammonia (Móricz);
 ...NO₃ (Entz);
 Ammonia (Entz);
 Ammonia (Jaczó-Mann);
 Ammonia (Móricz).

mennyiségére nincs kihatással, miután mind a proteidammonia, mind a nitrát mennyisége tetemesen megnövekedett. Megemlíthetjük még, hogy két alkalommal mérhető mennyiségű NO_2^- is volt a vízben, ami NO_3^- és NH_4^+ együttes jelenlétében érthető.

A foszfát ion vizsgálata (PO_4^{---})

A legmeglepőbb és talán a legérdekesebb eredményeket a PO_4^{---} -vizsgálattal kaptuk (4. Ábra). Ennek mennyisége nyáron közel 0-ra csökken (augusztusban 0,07 mg/l). Ezután felemelkedik 1,5 mg/l-re és e magas szinten marad tavaszig. Március-áprilisban ismét csökken, csaknem 0-ra. Májusban

egészen hirtelen hatalmas kiugrás áll elő, 2,5 mg/l! E magas értékről ismét csökken a PO_4^{---} mennyisége és közeledik a nyárvégi minimumhoz. A nyárvégi minimális értékek megegyeznek VARGHA 1932-es, JACZÓ—MANN 1938-as és MAUCHA 1943-as adataival. Ugyancsak közel megegyeznek az áprilisi alacsony értékek is. Egyébként azonban nagy különbségeket találunk. A kiugró tavaszi maximumot — ha kisebb mértékben is — megtaláljuk VARGHA eredményeiben, ellenben ennek semmi nyoma sincs JACZÓ és MANN vizsgálataiban. A Belső-tó téli magas foszfát-értékeire eddig az irodalomból példát nem találunk.

I.

A Belső-tó kémiai viszonyai

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
D.	H.	T°	pH	O ₂	O ₂ %	O. f.	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ök.	Cl ⁻
VII. 20.	Ny.	24,4	9,16	5,83	67,1	5,07	153,6	660	60,7	140,0	40,65	120,3
VIII. 23.	Ny.	26,0	9,17	6,83	84,3	3,86	154,1	581	44,4	142,7	39,60	123,9
	F.	23,6	8,82	0,77	9,1	3,86	106,0	663	44,0	147,3	40,04	113,3
	P.	27,4	9,17	6,56	83,2	3,69	141,4	609	44,0	150,0	40,64	115,7
XI. 13.	Ny.	8,0	8,82	5,78	49,0	4,77	95,12	754	56,4	138,0	39,60	102,2
	P.	8,0	8,80	5,92	50,1	5,44	76,1	778	60,0	137,5	40,00	102,2
	L.	8,0	8,80	5,25	44,6	5,94	65,2	811	56,0	138,2	39,60	101,5
II. 6.	Ny.	2,0	8,83	7,15	51,9	5,44	47,2	854	54,3	139,2	39,60	111,3
	P.	2,0	8,95	7,61	55,3	5,64	52,0	833	56,0	139,9	40,0	111,3
IV. 6.	P.	13,0	8,60	5,07	48,3	5,28	51,6	848	47,0	137,5	38,2	102,8
IV. 28.	Ny.	14,0	8,60	5,85	57,0	4,60	103,45	714	58,6	126,1	37,2	96,1
	P.	14,0	8,60	5,98	58,3	5,28	133,2	652	52,5	126,4	36,4	96,7
V. 26.	Ny.	19,0	8,36	4,38	47,2	6,80	120,2	708	58,6	129,6	38,0	100,4
	P.	19,0	8,32	4,61	49,9	6,12	150,6	638	50,8	129,2	36,8	99,8
VII. 2.	Ny.	22,0	8,80	5,14	58,9	4,00	83,7	793	44,3	166,2	44,4	100,7
	P.	22,0	8,80	6,99	80,0	4,28	83,7	774	48,5	141,8	39,2	99,8
VII. 24.	Ny.	22,0	8,86	5,00	57,3	5,56	41,2	870	40,8	163,2	43,2	101,5
	P.	22,0	8,86	3,05	35,0	6,56	43,1	637	38,3	115,9	32,0	86,9

Táblázat: Ny = Nyíltvíz; F = Fenék; P = Part; L = Libaúsztató. T = Hőmérséklet C°; ség német fokokban; Ls = Lúgosság; Pa = Proteidammonia; Sz. N

A többi alkotórész vizsgálata

A többi ion közül a Cl^- lényeges évszakos változást nem tüntetett fel, és a kapott értékek általában megegyeznek a régebbi vizsgálati eredményekkel.

A SO_4^{--} értékek hiányosak. Így az eléggé ingadozó adatok részletes feldolgozásra nem alkalmasak.

A K^+ mennyisége augusztusban alacsony (16 mg/l). Novemberre több

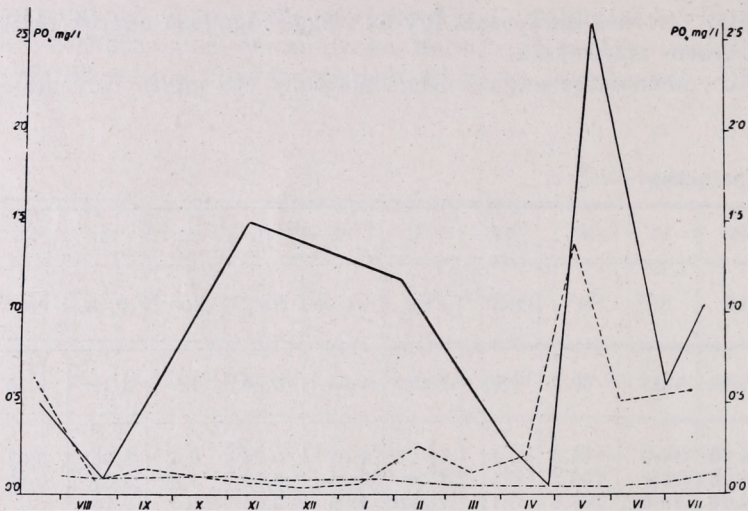
táblázat

az 1950—51. évben

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
SO_4^{--}	↳Ls.	K^+	Na^+	NH_4^+	Pa.	Sz. N.	NO_3^-	NO_2^-	Ö. N.	PO_4^{--}	SiO_4^{--}
18	15,98	43,8	89,0	0,08	1,190	1,96	0,00	1,2	2,29	0,50	—
19	14,70	16,0	114,6	0,11	1,120	1,84	0,00	0,6	2,06	0,07	2,73
20	14,40	15,8	103,2	0,11	1,300	2,14	0,00	1,5	2,57	0,20	5,50
20	14,70	16,0	107,6	0,11	1,180	1,94	0,00	0,6	2,16	+	3,27
	15,53	34,6	78,4	0,08	0,549	0,904	0,00	7,5	2,660	1,50	2,15
	15,29	35,8	96,0	0,08	0,549	0,904	0,00	7,5	2,660	1,58	2,34
	15,47	34,79	91,6	0,08	0,610	1,01	0,00	9,6	3,24	1,33	2,15
32	15,56	38,5	71,4	0,05	0,351	0,58	0,00	7,5	2,31	1,18	18,75
34	15,39	40,1	74,6	0,05	0,351	0,58	0,00	8,1	2,45	1,18	12,37
34	15,62	37,7	79,9	0,06	0,366	0,60	0,02	0,9	0,85	0,26	13,28
	15,16	44,0	85,0	0,03	0,793	1,31	0,00	1,2	1,60	0,04	12,92
	15,16	44,0	87,5	0,03	0,610	1,01	0,00	1,2	1,30	0,09	14,92
	15,62	39,5		0,03	0,793	1,31	0,00	2,1	1,60	2,50	11,28
	15,47	39,5		0,03	0,808	1,33	0,00	2,1	1,63	2,24	16,74
4	15,78	21,5	94,3	0,00	0,671	1,11	0,01	0,6	1,25	0,59	9,89
4	15,47	20,7	112,5	0,00	0,655	1,08	0,00	0,3	1,15	1,18	16,59
25	15,63	19,2	104,3	0,10	0,777	1,28	0,01	2,1	1,83	1,05	17,31
19	11,88	24,2	104,4	0,19	0,823	1,36	0,00	2,1	1,98	2,37	15,67

O_2 = Oldott oxigén mg/l; O. f. = Oxigénfogyasztás mg/l; Ök = Összes kemény-
= Szerves nitrogén; Ö. N. = Össznitrogén mg/l

mint a kétszeresére emelkedik. Ezután hosszú, lassú emelkedés következik, egészen áprilisig. Ezután lassú, majd hirtelen csökkenés áll be, és júliusra ismét csak 19—24 mg K^+ -t találunk literenként.



4. á b r a. Foszforforgalom.

————— Entz 1950—51.
 - - - - - Jaczó—Mann 1938—39.
 - · - · - Vargha 1932—33.

A Na^+ mennyisége a K^+ -nal ellentétben nyáron maximális és a téli hónapokban csökken minimumra.

* * *

A kémiai vizsgálatok kiértékelése. Az összehasonlítások eredményét összegezve megállapíthatjuk, hogy a mai értékek hol az egymástól is eltérő 1933-as, 34-es, 38—39-es, vagy éppen az 1943-as vizsgálatok adataihoz állnak közel, vagy valamennyitől különböznek. Ez arra mutat, hogy a belső változások (lásd fent) és a külső körülmények megváltozása (vízmadarak megfogyatkozása, a tó környékének trágyázása, az 1950—51-es szélsőséges időjárási viszonyok stb.) mind lényeges szerepet játszanak a Belső-tó kémizmusának az alakulásában. Így tehát a kapott eredményeket, vagyis a mai helyzetet nem tekinthetjük egy befejezett átalakulás végeredményének, hanem csak a változás pillanatnyi állapotának, mely még nem jutott nyugvópontra és melynek további vizsgálata is kívánatos.

Igen érdekesnek ígérkeznek a kémiai vizsgálatok mellett a növény- és állattani vizsgálatok, melyeket MEGYERI JÁNOS és TAMÁS GIZELLA kartársak végeznek, és melyek kiértékelése később fog megtörténni.

Összefoglalás

A kémiai vizsgálatok eredményeit összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az utóbbi 10—16 év alatt a Belső-tó kémiai viszonyai erősen ingadoztak. 1950—51-ben a víz összkeménysége megnőtt, Mg^{++} tartalma gyarapodott. A Ca^{++} tartalom viszont, különösen a téli hónapokban, erősen megfogyott. Az NH_4^+ jelentősége csökkent, és helyét a NO_3^- foglalta el, mely ion főként télen igen felszaporodott. A PO_4^{---} mennyisége a NO_3^- -nal csaknem párhuzamosan, szintén erősen felszaporodott. A víz oldott O_2 tartalma a régi adatokhoz képest lényegesen csökkent. A pH görbe évi lefutása eltolódott, így a minimum novemberről április végére került.

IRODALOM

- JACZÓ, I. und MANN, H. (1940): Hydrobiologische Untersuchungen am Belső-tó in Tihany, im Jahr 1938—39. — *Magyar Biol. Kut. Munk.* **12**, 170—203.
- MAUCHA R. (1930): Winkler Lajos vízvizsgáló módszereinek alkalmazása a limnológiában. — *Orsz. Halászati Egyesület Kiad.* **1**—247.
- MAUCHA R. (1945): Hydrochemische Halbmikro-Feldmethoden. — *Arch. f. Hydrobiol.* **41**, 352—391.
- MAUCHA R. (1949): Einige Gedanken zur Frage des Nährstoffhaushalts der Gewässer. — *Hydrobiológia* **1**, 225—237.
- MÓRICZ M. (1938): A tihanyi Belső-tó vizének kémiai vizsgálata. — *Magyar Biol. Kut. Munk.* **10**, 440—442.
- VARGHA L. (1934): A Balaton és a tihanyi Belső-tó vizének phosphor-tartalma. U. o. **7**, 209—210.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРИВЕДЕННЫЕ В 1950—51 ГГ. В ТИХАНЬСКОМ ОЗЕРЕ „БЕЛЬШЕ-ТО“. БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕНИВШЕЕМОМУ ВНУТРЕННЕМУ ОЗЕРУ

Бела Энц

Резюме

На основе приведенных автором химических исследований можно было установить, что химический режим воды озера „Бельше-то“ показывал в последние 10—16 лет сильное колебание. В 1950—51 гг. общая жесткость воды увеличилась, содержание ионов Mg^{++} возросло, а содержание Ca^{++} , особенно в зимние месяцы, сильно уменьшилось. Сократилось также значение ионов NH_4^+ и было заменено ионом NO_3^- , количество которого, особенно зимой, также значительно возросло. Автором было установлено сильное возрастание ионов PO_4^{---} , которое происходит почти параллельно с увеличением ионов NO_3^- . Количество растворенного в воде кислорода, по сравнению с прежними данными, значительно сократилось. Сход графика изображающего концентрации водородных ионов в течение целого года перемещался, и достигает минимума не в ноябре месяце, а в конце апреля.

WATER-CHEMISTRY INVESTIGATIONS IN THE TIHANY LAKE »BELSŐ-TÓ«
IN 1950—51.

I. BIOLOGICAL AND CHEMICAL STUDIES ON CHANGES IN LAKE »BELSŐ TÓ«.

By BÉLA ENTZ.

Summary.

Recapitulating the results of our chemical investigations, it can be said that there have been decided oscillations in the chemical composition of the Belső-tó during the past 10—16 years. In 1950—51 the total hardness was found to have increased, there was greater Mg^{++} content. Its Ca^{++} content, on the other hand, declined very much, especially during the winter months. The NH^+_4 decreased significantly and its place was taken by NO^-_3 , the ions of which multiplied greatly, chiefly in the winter. The quantity of PO_4 increased decidedly, almost parallel with the NO^-_3 . The amount of dissolved O_2 diminished significantly, as compared with older data. The descent of the annual pH curve shifted so that the minimum occurred from November to the end of April.