

## SZEMLE

### K. K. Gedroic és E. N. Gapon a modern talaj-fizikokémia úttörői

A talajok fizikokémiája, kolloidkémiája a talajtani tudomány azon szakterületei közé tartozik, melyeknek fejlődése minden időben szorosan kapcsolódik a társtudományok, az elméleti fizikai-kémia, kolloidkémia általános ismeret anyagának mennyiségi és mélységi növekedéséhez. Másrészt sokszor éppen a talajkolloidikai törvényszerűségek mutatnak rá olyan általános összefüggésekre is, melyek kihatnak az általános fizikokémiai, kolloidkémiai ismeretanyag bővülésére. A talajtanban felismert törvényszerűségek sok esetben általánosíthatók a heterogén diszperz rendszerek tanulmányozására.

A talajban végbemenő fiziko-kémiai és kolloidkémiai folyamatok megismerése igényli a talaj szilárd fázisa, ásványtani, kémiai összetételének, ezek változásának megismerését éppen úgy mint a talaj folyadék fázisa milyenségének, kémiai összetételének ismeretét, azoknak a tényezőknek a feltárását, melyek a talaj szilárd és folyadék fázisainak összetételére hatnak. Ezért a talajok fiziko-kémiája, kolloidkémiája magába foglalja úgy a szilárd fázis, mint a folyadék fázis vizsgálatát, különösképpen pedig azoknak a folyamatoknak a megismerését és leírását, melyek a két fázis fizikai, fiziko-kémiai és kémiai kölcsönhatásainak eredményeként alakulnak ki és mennek végbe a talajokban.

Az előbb elmondottak alapján a talajok fiziko-kémiájának és kolloidkémiájának további felosztása lehetséges. Ez a következő:

1. A talaj szilárd fázisának sajátosságai, különös tekintettel a talajkolloidok milyenségének, felületi sajátosságainak a talajrészecskék felületén ható adszorpciós erők jellegének megismerésére. Azon folyamatok vizsgálata, melyek a talajrészecskék felületi állapotának változására hatnak.

2. A talajoldat tulajdonságai, kémiai összetétele és kémiai összetételét befolyásoló folyamatok. A talaj folyadék fázisában levő ionok mozgékonyasága, az ionok megoszlása a folyadék fázisban, a közeg pH értékének változása a folyadék fázis összetételének alakulásával.

3. A talaj szilárdfázisa és folyadék

fázisa közötti fizikai, fiziko-kémiai, kémiai kölcsönhatások és ezek hatása a talajban levő anyagok (ionok) mozgékonyaságára.

A fenti folyamatok közül időrendi sorrendben elsőként a talaj szilárd és folyadék fázisa között végbemenő ionsere folyamatok keltették fel a talajjal foglalkozó szakemberek figyelmét. Részletesebben, megalapozottan pedig a század első évtizedeiben kezdtek foglalkozni a talajtani szakemberek a talajban végbemenő fiziko-kémiai és kolloidkémiai folyamatok megismerésével, ezek minőségi és számszerű jellemzésével.

A modern talajkémia fejlődésében alapvető jelentőségű két szovjet talajtudósunk századunk első harmadában kifejtett munkássága. Érdemük főleg az, hogy a modern természettudományok, a kémia, fizika, fizikokémia, kolloidika eredményeit felhasználva és alkalmazva a talajok vizsgálatában, sokban hozzájárultak a talajban végbemenő fizikokémiai és kolloidkémiai folyamatok minőségi és mennyiségi oldalról történő helyes jellemzéséhez és ezen keresztül a fiatal talajtani tudománynak, mint természettudománynak a kifejlesztéséhez.

K. K. GEDROIC széles körű és nagy jelentőségű talajgenetikai, talajjavítással kapcsolatos, valamint agrokémiai munkásságának méltatása meghaladná e tanulmány kereteit, ezért csak a modern talajkémiaiban elfoglalt kiemelkedő helyét és munkásságát kívánjuk méltatni. Tesszük ezt annál is inkább, mert a talajtani tudomány többi területén kifejtett tevékenységével szoros kapcsolatban áll a talajfizikokémia területén végzett munkássága és a megismert elméleti törvényszerűségek meghatározták a talajgenetika, talajjavítás és agrokémia terén végzett munkásságának általános irányát is.

GEDROIC már munkásságának kezdetén, a század első évtizedében nagy figyelmet szentelt a talajoldat, a talaj és talajoldat közötti kölcsönhatás vizsgálatának [25]. A talajoldatot mint mozgékony, dinamikus rendszert tekintette, meghatározta azokat a tényezőket, melyek a talaj folyadék fázisában oldott sók minőségét, mennyi-

ségét és ezek változását befolyásolják. Részletesen tanulmányozta a talajoldat összetételének hatását a talajban végbe-  
menő adszorpciós és kicserélődési folya-  
matokra. Az utóbbiak kapcsán különös  
figyelmet fordított arra az összefüggésre,  
mely a szikes talajok tulajdonságai és a  
talajoldat összetételének változása között  
fennáll.

Már e korai munkái során felismerte a  
nagy felülettel és felületi energiával rendel-  
kező talajkolloidoknak, mint a talaj leg-  
aktívabb részének jelentőségét, valamint  
beható vizsgálatuk szükségességét [26].  
A talaj folyadékfázisának, a talajoldatnak  
sokoldalú vizsgálata terelte figyelmét a  
talaj szilárd fázisának kutatására, ami  
további tudományos tevékenységének  
egyik fő tényezőjévé vált. Egy sor fontos  
kísérleti munkája eredményeként felállí-  
totta a legfontosabb törvényszerűségeket  
a talajkolloidok viselkedéséről, tulajdon-  
ságainak változásáról a talaj folyadék-  
fázisa összetételének függvényében. Foglal-  
kozott pl. a talajkolloidok peptizációjának,  
koagulációjának kérdésével, a talajkolloi-  
dok felületének meghatározásával. Kutatá-  
sait 1912–1914 között publikálta: „Kolloi-  
dnaja himija v voproszah poesvovede-  
nija” címmel [27, 28]. Rámutatott ezek-  
ben a munkáiban a talajkolloidok és a felü-  
letükön megkötött kationok szerepének  
jelentőségére a talaj fizikai, vízgazdálko-  
dási tulajdonságainak kialakításában, va-  
laminat tápanyag forgalmában.

A talaj szilárd fázisa kutatásának szen-  
telt sokéves, rendszeres és hatalmas kísér-  
leti anyagot felölelő vizsgálatainak ered-  
ményét 1922-ben: „Ucsenio o poglotitel'noj  
szposzobnoszti pocsv.” című összefoglaló  
munkájában tette közzé [35]. Ebben a mo-  
nográfiaiban egyesítette és rendszerezte  
azokat a már előbb részletesen közölt kutá-  
tásait [26, 27, 28, 29, 30, 31], amelyek a talaj  
adszorpciós képességének vizsgálatával füg-  
genek össze. E munkájában részletesen kifej-  
tette a talaj adszorpciós képességének mi-  
benlétét, az adszorpció során ható erőknek  
megfelelően, annak öt típusát különítette  
el. Különösen nagy figyelmet szentelt a  
fizikokémiai, kicserélődési adszorpciós viz-  
sgálatának és leírásának. Rámutatott a  
szilárd fázis kolloid részecskéinek felületén  
kötött kicserélhető kationok mennyiségé-  
nek és összetételének szerepére a különböző  
talajtípusok tulajdonságaiban és talajkép-  
ződési folyamataiban. Feltárta a talaj kol-  
loidfrakciója összetételének szerepét a  
kationcsere és adszorpció folyamatában.  
Ez a munkája több más munkával együtt  
1930-ban német nyelven is megjelent és  
hamarosan ismertté tette nevét hazáján  
kívül is. Különösen azért keltett figyelmet

ez a munka, mert GEDROICtól függetlenül,  
de vele egyidőben, más talajkutatók, így  
KELLEY, BROWN, HISSINK és SIGMOND  
sokban GEDROICÉHEZ hasonló megállapí-  
tásokra jutottak.

Nagy jelentőségűek GEDROICnak az ún.  
telítetlen talajok vizsgálata során tett meg-  
állapításai [32, 34, 44]. Ellentétben a talaj-  
kutatók egy részénél akkor uralkodó néze-  
tekkel, rámutatott arra, hogy ezen talajok  
kicserélődési és hidrolitosis aciditásának oka  
az, hogy a kicserélhető fém kationok mel-  
lett hidrogén ionokat is tartalmaznak ki-  
cserélhető formában. A talajsavanyúság  
mibenlétének és természetének kutatása  
nagy helyet foglalt el munkásságában és  
ezirányú kutatásai elméleti alapul szolgál-  
tak a savanyú talajok meszesítésével összefü-  
ggő gyakorlati intézkedésekhez.

A huszas évek folyamán további lépése-  
ket tett a talaj finomdiszperz részének viz-  
sgálata terén [33]. Modell-kísérletek alap-  
ján törvényszerűségeket vont le a talaj  
különböző kationokkal való telítettsége  
és azok fizikai, mechanikai, agronómiai  
tulajdonságai közötti összefüggéssel kap-  
csolatban [34, 38].

Különösen kiemelkedő jelentőségű a  
szikes talajok képződésére vonatkozó el-  
mélete. Ezzel kapcsolatban vizsgálatai  
alapján rámutat a szoloncsákok, a szolo-  
nyecok képződése, valamint a szologyoso-  
dás folyamatának összefüggéseire és azok-  
kal kapcsolatos talajkémiai folyamatokra  
[39, 40, 41, 42]. — Az addig uralkodó Hil-  
gard-féle elmélettel szemben — új elmé-  
letet állított fel a szóda képződésére a szí-  
kes talajokban. Kolloidkémiai kicserélő-  
dési reakcióval magyarázza a szóda képző-  
dését a talajokban, a nátrium ionnal telí-  
tett adszorpciós komplexum nátrium ion-  
jainak hidrolízisének útján. Szóda képző-  
dési elméletét, annak helyességét az elmúlt  
években többen vizsgálták, sőt vitatták.  
Kétségtelen, hogy mennyiségileg a szóda-  
képződésnek ez az útja a talajban kisebb  
jelentőségű, azonban elméletileg, a modern  
fizikokémia megvilágításában helytálló és  
sok esetben jelentős szerepe van egyes  
szikes talajfélések tulajdonságainak ki-  
alakításában.

A talaj adszorpciós képességéről szóló  
elméleti megállapításait felhasználta szá-  
mos gyakorlati probléma megoldására,  
pl. a szolonyec talajok gipsszel való javítá-  
sa, szoloncsákok átmosása, savanyú ta-  
lajok meszesése, stb. Új elméleti alapon  
végezte kutatásait a talaj és trágya köl-  
csönhatásával kapcsolatban. Sokéves mun-  
kája folyamán általánosított tapasztalatai-  
val sokkal mélyebben és teljesebben meg-  
világította a talaj tápanyagforgalmának,  
a növény talajon keresztül történő táp-

anyag felvételének kérdéseit [45, 46, 47, 48].

GEDROIC széleskörű és sikeres munkássága, melynek eredménye a talajkolloidoknak és a talaj adszorpciós tulajdonságainak alaposabb megismerése volt, valamint az ebből levont gyakorlati következtetések nagy érdeklődést váltottak ki a világ talajtudósai körében. Kutatási módszerével, annak irányvonalával, valamint kitűnő pedagógiai érzékével egy sor fiatal tudóst vonzott magához, akik sokban továbbfejlesztették kutatási eredményeit; GEDROIC és iskolája sokat tett a szovjet, valamint a nemzetközi talajkémiai kutatás fejlesztéséért.

Végül, de nem utolsó sorban, meg kell említenünk GEDROIC kémiai analitikai módszertani munkáit. Több kémiai és fizikokémiai módszert dolgozott ki a talaj adszorpciós komplexumának vizsgálatára. (A talaj kicserélhető kationjainak meghatározása, adszorpciós kapacitásának mérése, telítettségének meghatározása, szolgyos talajok vizsgálata stb. [36, 43]). A talajkolloidok kinyerésére módszert dolgozott ki a talajnak nátrium ionokkal való telítésével. Igen nagy szolgálatot tett a talajkémiai kutatásnak azzal, hogy mind saját vizsgálati módszereit, mind a hatalmas nemzetközi talajanalitikai irodalmat felhasználva, a talajkémiai módszerek egész gyűjteményét foglalta össze: „Himicsesz-kij analiz pocsvü” című munkájában, mely már életében több kiadást megért, hazájában és külföldön pedig ma is egyike a leginkább használt talajkémiai kézikönyveknek [36].

GEDROIC gazdag életműve, az a következtetés és rendszeres kutatómunka, melyet a talajkémia területén végzett, nagy szerepet játszik a talajtani tudományban, működése, KELLEY, SIGMOND és HISSINK munkásságával együtt, korszakot jelent annak a fejlődésében. Munkássága nagymértékben hozzájárult a talajkutatás századunk első negyedében elterjedt földrajzi, morfológiai szemléletének átalakulásához, a kémiai és fizikai módszerek elterjesztéséhez a talajtulajdonságok és a talajképződés kérdéseinek tanulmányozásában.

E. N. GAPON egyike volt azon talajkémikusoknak, akik GEDROIC eredményeit továbbfejlesztve, kimagasló helyet foglalnak el a korszerű talajkémiai és talajkolloidikai, fizikokémiai eredmények megalkotásában és azok széleskörű gyakorlati felhasználásában.

GAPON munkásságának kezdetén, a huszas évek folyamán, mint fizikokémikus olyan fontos elméleti fizikai-kémiai kérdésekkel foglalkozott, mint a heterogén reakciók elmélete, ionhidratáció, katalízis, polimerizáció, reakciókinetikai vizsgálá-

tok, stb. A harmincas évek elején már mint az Össz-Szövetségi Trágyázástani és Talajtani Intézet Fizikai-kémiai Osztályának vezetője, majd a moszkvai Timirjazev Mezőgazdasági Akadémia Kémiai Tanszékének tanáráként működött. Ebben az időben fordult figyelme a talajban lejátszódó ioncsere folyamatok elméleti vizsgálata felé. GEDROICnak a talaj adszorpciós képességéről szóló megállapításai alapján, az ő kísérleti eredményeit felhasználva és azokat elméletileg értékelve, 1933 és 1937 között tanulmánysorozatban közölte a „Zsurnal Obscej Himii” c. folyóiratban, a talajban lejátszódó kationcsere folyamattal kapcsolatos alapvető elméleti fejtegetéseit [6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16]. Ebben a cikksorozatában az ioncsere folyamatokat, kinetikai úton megközelítve, izotermát állít fel ezek jellemzésére. GEDROIC kísérleti adatait, valamint azon megállapításait figyelembe véve, amely szerint a talajban lejátszódó kationcsere folyamatok egyensúlyra vezetnek és a tömeghatás törvényének vannak alávetve, az izoterma egyenletét a talajban végbemenő fizikokémiai adszorpciós folyamatok mennyiségi jellemzésére alkalmazta. Fontosnak tartotta ugyanis, mind elméleti, mind gyakorlati szempontból az ioncsere folyamatok mennyiségi összefüggéseinek feltárását is. Foglalkozott az adszorpciós izotermák elemzésével, az izotermák alapján az ioncsere egyensúlyi állapotjának, a talaj adszorpciós kapacitásának meghatározási lehetőségeivel. Különösen fontosnak tartotta az adszorpciós kapacitás meghatározási lehetőségének módszerét az adszorpciós izoterma alapján. Elméleti számításait igen alaposan, és az ioncseret befolyásoló különböző tényezők figyelembevételével végezte. Vizsgálatai kiterjedtek az ioncsere alapvető összefüggésének megállapítására, a kation és anion adszorpciós mértékének változására a közeg pH értékétől függően [11], az oldat koncentrációjának és térfogatának hatására, az ioncsere egyensúlyára, az adszorpciós képesség és a kicserélődésben résztvevő ionok atomsúlya közötti összefüggésekre, stb [10, 12, 13]. Ezen megállapításai közül különösen ki kell emelnünk azt, hogy már ebben az időben az ionok adszorpciós képességét összefüggésbe hozza a kicserélődésben résztvevő ionok tulajdonságaival. Az adszorpciós képességet vizsgálva megállapítja, hogy az egy és két vegyértékű ionok adszorpciós képessége eltérő és azonos vegyértékűség esetén az adszorpciós képesség, illetve a kicserélődés energiájának logaritmusára lineáris függvénye a kation atomsúlya logaritmusának [10]. Az ionok vegyértékűségével kapcsolatban megállapítja, hogy annak hatása jelent-

kezik a folyadékfázis hígításakor [8]. A vegyértékhatással kapcsolatban megjegyzi, hogy ha a kicserélődési reakcióban résztvevő kationok vegyértékűsége azonos, a kicserélődés mértéke független a hígítástól. Amennyiben kisebb vegyértékű iont nagyobb vegyértékűvel szorítunk ki, a hígítással nő a kicserélődés mértéke, ha nagyobb vegyértékű iont szorítunk ki alacsonyabb vegyértékűvel, a kicserélődés mértéke a hígítással csökken. Arra a megállapítására, hogy a kicserélődésben a hígítás hatására bekövetkező változás a résztvevő ionok vegyértékűségének függvénye, a későbbi munkáiban ismételten visszatér, és 1941-ben IVANOVVAL írt közleményében már a DONNAN elméletből kiindulva és figyelembe véve az akkor legmodernebb kutatási eredményeket 1933-ban tett megállapításait alátámasztja és elméletileg megerősíti [50].

Külön foglalkozott a hidrogén és hidroxil ionok adszorpciójának vizsgálatával, ezek elméleti értelmezésével, magyarázatát adta elméletileg a WIEGNER és PALLMAN által kísérleti úton megállapított ún. szuszpenzió-hatásnak. Vizsgálta a GEDROIC-féle szódaképződés elméleti lehetőségeit, ezek fizikokémiai megalapozottságát és azokat elméletileg alátámasztotta [9].

Fenti alapvető munkáin kívül 1934-től 1949-ben bekövetkezett haláláig számos értékes munkával gazdagította a talaj fizikokémia és kémia irodalmát [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Közleményeinek egy részét munkatársaival [50, 51] A. N. IVANOVVAL, T. N. CSERNYIKOVÁVAL és N. I. GORBUNOVVAL tette közzé. Több cikkében visszatér a talaj adszorpciójának a szilárd és folyadékfázis arányától való függésére, az egyértékű kationok adszorpciójának kérdésére [14, 17]. Munkái közül ki kell emelni a háromionos rendszerek kicserélődési egyensúlyára felállított összefüggését [13, 16], mely később alapjául szolgált világszerte számos gyakorlati intézkedésnek. Munkái során elvégezte az ioncsere folyamatok adszorpciós izotermájának termodinamikai elemzését [19], vizsgálta a kicserélődési reakciók egyenértékűségének és megfordíthatóságának, valamint az ioncsere folyamat dinamikájának kérdéseit [20, 23, 24, 51]. Néhány további publikációjában elektrokémiai módszert tett közzé a talaj szilárd fázisa felületének meghatározására és foglalkozott a kristályos felületek termodinamikai jellemzésével [22, 21].

E. N. GAPON alapvető munkája, melyben adszorpciós izotermát alkalmaz a talajokban végbemenő kicserélődési folyamatok jellemzésére, korán felkeltette a külföldi talajkémikusok figyelmét. A kation-

csere elméleti és gyakorlati jelentőségét felismerve ui. már a század elején voltak törekvések arra, hogy e folyamatokat mennyiségileg jellemezzék és matematikai összefüggésekkel leírják. Ezek egy része olyan tisztán empirikus összefüggés volt, mely a kísérleti adatoknak a legjobban megfelelt. Az összefüggések másrésze a Freundlich-féle izotermá formai alkalmazásával írta le a talajban végbemenő ioncsere folyamatát. A későbbiekben a tömeg hatástörvény formai alkalmazásával felállított összefüggések jelentettek fejlődést e folyamatok jellemzésében (KERR 1913). GAPON fent említett adszorpciós izotermája kinetikai alapon levezetett egyenlet, mely formailag szintén a tömeghatás törvényén alapszik. Ez volt az első elméleti alapon levezetett, egyszerű, jól használható egyenlet a talajban végbemenő ioncsere folyamatoknak egyensúlyi állandóikkal való jellemzésére, mely figyelembe veszi a folyamatban résztvevő ionok koncentrációját, vegyértékét és adszorpciós energiáját. A negyvenes évek vége óta a külföldi, elsősorban az amerikai talajkémikusok egyre több figyelmet szenteltek a GAPON egyenlet elemzésének és gyakorlati célokra történő alkalmazhatóságának [3, 4, 5, 56, 59].

A későbbiekben RICHARDS [58], majd később BANERJEE [2] úgy találták nagyszámú amerikai, illetve indiai talajminta kísérleti elemzése alapján, hogy kielégítő összefüggés áll fenn a GAPON egyenletben szereplő és a talajrendszer folyadékfázisát jellemző ionkoncentráció arány, melyet nátrium-adszorpciós aránynak neveztek és a talaj kicserélhető nátrium ionjainak relatív mennyisége között. A vizsgálatok eredményei alapján empirikus egyenletet állítottak fel, mely GAPON egyenletén alapszik és annak módosított formája. Ezt az egyenletet az USA-ban a Salinity Laboratory módszerkönyvében, mint jól használható módszert ajánlja a talajok telítési kivonatának elemzési adataiból, a fent említett összefüggéssel a talaj szikes tulajdonságainak számszerű jellemzésére. Alkalmazzák a módszert az öntözővizek minőségének elbírálására is. A módszer nemcsak az Egyesült Államok területén, hanem a világ más országaiban igen széleskörben nyer gyakorlati alkalmazást.

A GAPON egyenlet módosított formáját használja az FAO által elfogadott minősítési eljárás is, mely a nátrium adszorpciós arányt mint a szikesedés szempontjából fontos vízminőségi jellemzőt adja meg [60].

A széleskörű gyakorlati felhasználás fordította az elméleti talajfizikokémikusok figyelmét a GAPON egyenlet felé. Az ötve-

nes évek folyamán sorra jelentek meg olyan közlemények (LAGERWERF és BOLT, ERIKSON, WIKLANDER, KRISHNAMOORTHY, BABCOCK), melyek elméleti fizikai kémiai alapon kiindulva különböző oldalról megközelítve (DONNAN egyensúly, elektromos két-törételem elmélet, statisztikus termodinamika) vizsgálták a GAPON egyenletet és annak érvényességi határait [1, 53, 54, 55, 57]. Úgy találták, hogy a GAPON egyenlet egyensúlyi állapotja pontosabb elméleti vizsgálatok szerint bizonyos körülmények között nem állandó és eltérést mutat az elméleti értéktől. Számos, elméleti szempontból jobban megalapozott és helytálló egyenlet is született. Azonban a GAPON egyenlet viszonylagos egyszerűsége és gyakorlati célokra kielégítő pontossága miatt igen elterjedt, és gyakorlati célokra jól használható.

GAPON munkássága tehát nemcsak a talaj fizikokémia nagy elméleti fejlődését indította el, hanem, ami szintén lényeges, elméleti megismerésnek eredményei nagy jelentőségű gyakorlati intézkedések alapjaivá váltak.

### Irodalom

- [1] BABCOCK, K. L.: Theory of the chemical properties of soil colloidal systems at equilibrium. *Hilgardia*. **34**. 417—542. 1963.
- [2] BANERJEE, S.: Some aspects of salt-affected soils in West Bengal. *Soil Sci.* **88**. 45—50. 1959.
- [3] BOWER, C. A.: Cation exchange equilibria in soils affected by sodium salts. *Soil Sci.* **83**. 25—35. 1959.
- [4] DARAB, K.: Kationkicsérletű hatása a különböző minőségű öntözővizek hatására. *Agrokémia és Talajtan*. **11**. 29—40. 1962.
- [5] DAVIS, L. E.: Simple kinetic theory of ionic exchange for ions of unequal charge. *J. Phys. Chem.* **49**. 463—472. 1945.
- [6] GAPON, E. N.: K teorii obmennoj adszorpcii v pocsvah I. *Zs. Obscs. Him.* **3**. 144—152. 1933.
- [7] GAPON, E. N.: K teorii obmennoj adszorpcii v pocsvah II. *Zs. Obscs. Him.* **3**. 153—155. 1933.
- [8] GAPON, E. N.: K teorii obmennoj adszorpcii v pocsvah III. *Zs. Obscs. Him.* **3**. 160—163. 1933.
- [9] GAPON, E. N.: K teorii obmennoj adszorpcii v pocsvah IV. *Zs. Obscs. Him.* **3**. 660—666. 1933.
- [10] GAPON, E. N.: K teorii obmennoj adszorpcii v pocsvah V. *Zs. Obscs. Him.* **3**. 667—669. 1933.
- [11] GAPON, E. N.: Adsorpcija kationov i anionov pocsvennüi amfifolitoidami. *Tr. VIUAA. Fiz. himija pocsvü I.* 120—133. 1933.
- [12] GAPON, E. N.: Obmennüi reakcii pocsv. *Pocsvovedenie* (2) 190—201. 1934.
- [13] GAPON, E. N.: Issledovanie obmennoj adszorpcii I. *Zs. Obscs. Him.* **7**. 1447—1452. 1937.
- [14] GAPON, E. N.: Issledovanie obmennoj adszorpcii II. *Zs. Obscs. Him.* **7**. 1453—1466. 1937.
- [15] GAPON, E. N.: Issledovanie obmennoj adszorpcii III. *Zs. Obscs. Him.* **7**. 2801—2805. 1937.
- [16] GAPON, E. N.: Issledovanie obmennoj adszorpcii *Zs. Obscs. Him.* **7**. 2807—2812. 1937.
- [17] GAPON, E. N. & IVANOV, A. N.: O zavisimoszti obmennoj adszorpcii ot razbavlenija II. *Kolloidn. Zs.* **3**. 443—446. 1937.
- [18] GAPON, E. N.: Ob uravnenii izotermii obmennoj adszorpcii. *Kolloidn. Zs.* **3**. 859—862. 1937.
- [19] GAPON, E. N.: O termodinamiceszkom uravnenii izotermüi adszorpcii dvuh ionov. *Zs. Fiz. Him.* **782**—792. 1938.
- [20] GAPON, E. N.: Adsorpcionnüi processzi v pocsv. Otd. izd. TSZHA. Tezisz dokl. 3/XII. 1940. 2. na jubil. naucs. Timirjazevszkij konf.
- [21] GAPON, E. N.: Sztandartnue entropii ionov v krisztalliceszkom szosztójannii I. *Zs. Fiz. Him.* **20**. 941—946. 1946.
- [22] GAPON, E. N.: Sztandartnue entropii ionov v krisztalliceszkom szosztójannii II. *Zs. Fiz. Him.* **21**. 759—760. 1947.
- [23] GAPON, E. N. & GAPON, T. B.: Dinamika ionnogo obmena. *Zs. Prikl. Him.* **21**. 937—947. 1948.
- [24] GAPON, F. N.: Dinamika ionnogo obmena. *Szb. tr. naucsno-techn. szesszii AN SSSR poszvjacsennoj vopr. ionnogo obmena*. 1949.
- [25] GEDROIC, K. K.: K voprosü ob izmenjaemoszti koncentracii pocsvennogo rasztvora i szoderzsania v pocsv. ledkorasztvorimüh szoedincij v zavisimoszti ot vnesnih uszlovij. *Zs. Opüt. Agron.* **7**. 521—561. 1906.
- [26] GEDROIC, K. K.: Kolloidal'naja himija i pocsvovedenie. *Zs. Opüt. Agron.* **9**. 272—289. 1908.
- [27] GEDROIC, K. K.: Kolloidal'naja himija v voproszah pocsvovedenija I. *Zs. Opüt. Agron.* **13**. 363—412. 1912.
- [28] GEDROIC, K. K.: Kolloidal'naja himija v voproszah pocsvovedenija II. *Zs. Opüt. Agron.* **15**. 181—205. 1914.
- [29] GEDROIC, K. K.: Dejsztvie elektrolitov na ilisztüe szuszpenzii. V. kn.: *Iz burö zo zeml. i pocsvoved. Ucsen. Gl. upr. z. i. z. szoobs.* **24**. 1—68. 1915.
- [30] GEDROIC, K. K.: Poglotitel'naja szposzobnoszt' pocsvü i pocsvennüe zeolitnue osznovanija. *Zs. Opüt. Agron.* **17**. 472—527. 1916.
- [31] GEDROIC, K. K.: Materiali k poznaniju poglotitel'noj szposzobnoszti pocsv I. *Zs. Opüt. Agron.* **19**. 269—332. 1918.
- [32] GEDROIC, K. K.: Opredelenie nenaszüsennoszti pocsvü osznovaniami. *Bull. III. Vszeszöjuzn. szjezda pocsvovedov v Moszkve*. (1—2) 11. 1921.
- [33] GEDROIC, K. K.: Ultramechaniceszkij szosztäv pocsvü i zavisimoszti ego ot roda kation, nahodjacesigoszja v pocsv. v pogloscsennom szosztöjannii. *Izvesztkovanie, kak mera ulucszenia ultramechaniceszkovo szosztava pocsvi*. *Zs. Opüt. Agron.* **22**. 29—51. 1921.
- [34] GEDROIC, K. K.: Pocsvi, nenaszüsennüe osznovaniam *Zs. Opüt. Agron.* **1**. 3—28. 1921.
- [35] GEDROIC, K. K.: Ucsenie o poglotitel'noj szposzobnoszti pocsv. *Moszkva—Leningrad*. 1922, 1923, 1932, 1933.
- [36] GEDROIC, K. K.: Himiceszkij analiz pocsvi. *Szel' hozgiz. Moszkva*. 1929. 1932. 1935.
- [37] GEDROIC, K. K.: Pocsvennij pogloscsajuscsij komplex i pocsvennüe pogloscsennüe kationi kak osznova geneticeszköj klasszifikacii pocsv. V. kn.: *NKZ. Noszovszk. sz/h. op. szt. Otdel. agr.* **38**. 3—30. 1925.
- [38] GEDROIC, K. K.: Pocsvennüe pogloscsennüe kationi i fiziceszkie szvojsztva pocsvi. *Zs. Prikl. Him.* **2**. 180—182. 1925.
- [39] GEDROIC, K. K.: Pocsva, kak kulturajna szreda dlja szel'szkohozajsztvennüh rasztenij. *Pocsvennüe kolloidüi i szoloncevatosz' pocsv. NKZ. Noszovszk. sz/h. opüt. szt. Otdel. agr. Kiev*. **43**. 5—66. 1926.
- [40] GEDROIC, K. K.: Oszolodenie pocsv. *NKZ. Noszovszk. sz/h. szt.* **44**. 48—56. 1926.
- [41] GEDROIC, K. K.: Szoloncü, ih proizhozdenie, szvojsztva i melioracija. *NKZ. Noszovszk. op. szt. otd. agr.* **46**. 3—73. 1928.
- [42] GEDROIC, K. K.: K voproszu o pogloscsennom natrii v pocsvah. *Pocsvovedenie* (1—2) 5—21. 1929.
- [43] GEDROIC, K. K.: Univerzal'nij metod opredelenija v pocsvah emkoszti obmennoj szposzobnoszti. *Izv. Gosz. In-ta. op. agron.* **7**. 451—454. 1929.
- [44] GEDROIC, K. K.: K voproszu ob obmenom vodorođe i obmenom aluminiüi v kiszlüh pocsvah. *Bull. pocsvoveda* (1—4) 3—9. 1930.
- [45] GEDROIC, K. K.: Pocsvennüe obmennüe kationi i rasztenie 1. *Udobr. i uroszaj* **6**. 464—475. 1930.
- [46] GEDROIC, K. K.: Pocsvennüe obmennüe kationi i rasztenie 2. *Udobr. i uroszaj* (11—12) 1047—1058. 1931.
- [47] GEDROIC, K. K.: Pocsvennüe obmennüe kationi i rasztenie 3. *Tr. NIU vip. 109. Miner. udobr. szb.* **1**. 70—81. 1932.

- [48] GEDROIZ, K. K.: Pocsvennűj pogloščesajuscsij kompleks, rasztenie i udobrenie. Himiz. szoc. zeml. (1) 42-49. 1932.
- [49] HELFFERICH, F.: Ionenaustauscher I. Verl. Chemie. Weinheim. 1959.
- [50] IVANOV, A. N. & GAPON, E. N.: Obmen ionov mezdu tverdoj i zsidkoj fazami I. Zs. Fiz. Him. 15. 659-664. 1941.
- [51] IVANENKO, D. D. et al.: K dinamike ionnogo obmena. Dokl. AN SSSR. 60. 1189-1192. 1948.
- [52] KELLEY, W. P.: Alkali soils. Reinhold. New York 1948.
- [53] KRISHNAMOORTHY, C. & OVERSTREET, R.: Theory of ion exchange relationships. Soil Sci. 68. 307-315. 1949.
- [54] KRISHNAMOORTHY, C. & OVERSTREET, R.: An experimental evaluation of ion exchange relationships. Soil Sci. 69. 41-53. 1950.
- [55] LAGERWERFF, J. V. & BOLT, G. H.: Theoretical and experimental analysis of Gapon's equation for ion exchange. Soil Sci. 87. 217-222. 1959.
- [56] MAGISTAD, O. C., FIREMAN, M. & MABRY, B.: Comparison of base exchange equations founded on the law of mass action. Soil Sci. 57. 371-379. 1944.
- [57] MOLEN, W. H. van der: The exchangeable cations in soils, flooded with sea water. s' Gravenhage. 1957.
- [58] RICHARDS, L. A.: Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agric. Handb. No. 60. U. S. Dept. Agric. Washington. 1954.
- [59] SCHOFIELD, R. K.: A ratio law governing the equilibrium of cations in the soil solution. Internat. Cong. Pure and Appl. Chem., London. Proc. (11) 3. 257-261. 1947.
- [60] Using Salty Land. Ed.: Green, H. FAO Studies No. 3. Roma. 1958.

DARAB KATALIN és  
RÉDLY LÁSZLÓNÉ

Érkezett: 1967. június 10.