

FRANTIŠEK OBR

NÁZORY NA MECHANIZMUS ČIASTKOVÉHO PÔDOTVORNÉHO PROCESU
ILLIMERIZÁCIE

František Obr: Opinions on Mechanism of Partial Soil-Forming Process of Illimerization. Geogr. Čas., 28, 1976, 3; 120 references.

Present knowledge makes possible to distinguish two basic ways of structural differentiation of the soil profiles: 1. by sprinkling of fine silts (2–10 μm) and microaggregates of clay, 2. by illimerization, i. e. translocation of dispersed particles of clay. Both ways may be expressed in two forms. At the first way it is the sprinkling on: 1. light-textured substrata, 2. medium and heavy-textured substrata. The second way may be expressed as illimerization: 1. mechanical, 2. chemico-biological. A more detailed analysis of the mechanism of these partial soil-forming processes is given.

Od začiatku päťdesiatych rokov veľká pozornosť sa venuje procesom vyvolávaným texturálnu diferenciaciu pôdných profilov. Publikované práce pochádzajú z veľmi rozdielnych petrografických, kvartérnogeologických i geomorfologických pomerov a bioklimatických podmienok a majú veľmi rozdielnu odbornú úroveň. To sťažuje orientáciu v tejto problematike. Preto z roka na rok narastá skupina pôd, v ktorej sa predpokladá rôznym spôsobom chápaná a vysvetľovaná texturálna diferenciacia profilu následkom čiastkového pôdotvorného procesu illimerizácie.

Napriek načrtnutému stavu sme toho názoru, že aj v tom prípade, ak vezme do úvahy špecifické procesy, ktoré prebiehajú v periglaciálnych podmienkach, podľa úrovne súčasných poznatkov, môžeme rozlíšiť dva základné spôsoby texturálnej diferenciacie profilu pôd:

1. natrúsením jemného prachu a mikroagregátov ílu,
2. illimerizáciou, t. j. premiestňovaním dispergovaných ílových častíc.

Prvý spôsob transportu nepredchádza dispergácia, preto sa môže uskutočňovať v širokom rozpätí aktuálnej reakcie. Premiestňovanie sa deje cez hrubé (nekapilárne) póry, medzipriestory (medzi elementárnymi časticami) a hrubšie trhliny gravitáciou a presakovaním gravitačnej vody. Tento spôsob by sme mohli podrobnejšie rozdeliť na dve formy: a) natrúsenie na zrnitostne ľahkých substrátoch, b) natrúsenie na zrnitostne stredných, ale hlavne ťažkých substrátoch.

Podľa výsledkov modelovacích pokusov (55, 75, 115), ale aj prác inej povahy (35, 73, 90, 106) predpokladáme, že prvá forma natrúsenia závisí len od veľ-

kosti, tvaru a množstva medzipriestorov a premiestňovaných častíc. Takto sa premiestňujú najmä častice jemného prachu (2—10 μm). Tvorba obohateného horizontu súvisí s nepriaznivými zmenami v geometrii (veľkosti a tvare) medzipriestorov buď následkom zmeny disperznej skladby substrátu (vrstevnatosť), buď postupným mozaikovitým upchávaním medzipriestorov premiestňovanými časticami.

Druhá forma natrúsenia nastáva v takých podmienkach, kde povaha substrátu alebo vývojové štádium pôdy spolu s bioklimatickými podmienkami podmieňujú jednak tvorbu trhlín pri vysušení, jednak následné náhle prepláchnutie profilu gravitačnou vodou. Pre túto formu sú priaznivé napr. substráty s vysokým obsahom napučiacich ílových minerálov, kde môže dôjsť k premiestňovaniu mikroagregátov ílu. Z vývojových štádií pôd môžeme spomenúť extrémne illimerizované pôdy, v ktorých sa môžu premiestňovať prachové častice zo silne ílom ochudobneného horizontu do trhlín Btg (36, 80, 81, 90). Tvorbou obohateného horizontu môžeme teda spájať so zaplňovaním trhlín až „jazýkov“, ktoré vznikajú vždy na tých istých miestach po vysušení profilu (55). Preto vytvorený horizont je nepravideľne obohatený a aj pri transporte mikroagregátov ílu nemá zreteľnejšie opticky orientované útvary, lebo vyzrážaný íl sa ťažko orientuje. Nie je možné vylúčiť tlakovú orientáciu alebo synchronne prebiehajúcu illimerizáciu.

Pri illimerizácii sa premiestňujú v pôde smerom nadol najmä dispergované častice veľkosti jemného ílu (0,2 μm). Táto frakcia sa skladá z ílových minerálov a rôzneho množstva organických a minerálnych amorfných látok, ktoré viažu vonkajší a vnútorný povrch kryštalického ílu.

Dôkazom na to, že pri illimerizácii sa prevažne premiestňujú menšie častice ako 0,2 μm , je v literatúre veľmi mnoho (2, 14, 21, 22, 40, 41, 54, 63, 75, 86, 87, 102, 105, 106 a i.).

Svedčia o tom aj názory viacerých autorov (39, 66, 67, 73, 80, 85, 110, 111 a i.). Treba však pripomenúť, že niektorí autori (8, 17, 19, 29, 48, 49, 73, 78, 85, 91, 95, 96, 100 a i.) spájajú zvýšený obsah ílu v Bt horizonte aj s mechanickým zvetrávaním partikulí primárnych minerálov. V súvislosti s uvedeným považujeme za správne názory H. P. Blumeho a U. Schwertmanna (15), podľa ktorých v dobre drenovaných illimerizovaných pôdach je intenzita chemického zvetrávania najväčšia v povrchovej vrstve profilu a smerom do hĺbky postupne zaniká. Najintenzívnejšie zvetrávanie v Bt horizonte môže súvisieť s tromi príčinami: 1. vrstevnatosťou substrátu (t. j. alebo pôvodne navetranejším materiálom tejto vrstvy, alebo materiálom ľahšie zvetrateľným ako nadložná vrstva), 2. zhoršeným vodnovzdušným režimom tohto horizontu následkom predchádzajúcej intenzívnej iluviácie ílu, 3. zjavným poklesom v zastúpení zvetrateľných minerálov v eluviálnej časti profilu v dôsledku predchádzajúceho intenzívneho chemického zvetrávania. V našich podmienkach prichádzajú do úvahy najmä prvé dve príčiny, ktoré sa často aj kombinujú.

Kvalita, resp. zákonitosti v mineralogickom zložení premiestňovania ílových minerálov sú tiež viac či menej známe. Podľa výsledkov modelovacích pokusov (10, 18, 55, 75, 113) môžu sa premiestňovať v závislosti od podmienok ílové častice veľmi rozdielneho mineralogického zloženia. Mineralogické zloženie ílu iluviálneho horizontu (2, 19, 24, 27, 36, 40, 50, 61, 80, 87, 102, 104, 106, 110, 111 a i.), ílových povlakov (54, 57, 73) a profilové bilancie (41) však svedčia o tom, že najľahšie sa premiestňuje pôdny montmorillonit a zmiešané štruktú-

rý, a to najmä napučiaavacie a čiastočne napučiaavacie. Ťažko sa vyplavuje napr. illit a kaolinit (24, 35, 36, 41, 52, 104, 111 a i.), a to len vtedy, keď ide o dobre vykryštalizované častice. Pri horšej kryštalickosti, ako je to napr. pri kaolinite typu „fire clay“, sa zmenšujú rozmery častíc, narastá ich hydrofilnosť, dispergovateľnosť a tým aj mobilnosť. Preto v literatúre nachádzame údaje o iluviálnych horizontoch so zvýšeným obsahom kaolinitu (63), vermikulitu (52), rôzne chápaného „illitu“ (2, 14, 80, 84, 100) a pod.

Vlastnosti a tým aj mobilnosť ílových častíc však nezávisí len od veľkosti kryštálikov, mineralogického zloženia a kryštalickosti. Veľkú úlohu má aj kvalita a kvantita amorfných minerálnych a organických látok viazaných povrchom ílových častíc, ako aj prostredia, v ktorom tento proces prebieha.

Analýzy ílových povlakov Bt horizontov (21, 63, 92), ako aj rozličné iné údaje (2, 15, 41, 68, 73, 77, 84, 100, 101, 104, 107) poukazujú na to, že medzi minerálnymi látkami viazanými povrchom ílových častíc majú značnú prevahu kyslíčniky a hydroxidy železa. V porovnaní s pôdnou hmotou vcelku alebo vnútornou časťou agregátov, majú ílové povlaky aj vyšší obsah hliníka a mangánu (15, 21, 101), draslíka (63, 68, 92) a fosforu (63). Majú však nižší obsah SiO₂ (133). O zvýšenom zastúpení organických látok, prevažne humínovej povahy, svedčia analýzy argillansov (63, 68, 119), ale aj údaje iného druhu (41, 92, 98, 100, 118). Spomenuté zložky a látky sa nachádzajú v podobe zložitých organominerálnych zlúčenín, ktoré sú zatiaľ málo preskúmané. Vplyv ich kvality a kvantity na dispergovateľnosť a tým aj premiestňovanie ílu závisí od konkrétnych podmienok, a preto sa o tomto zmienime ďalej.

Dispergácia ílu sa môže podľa podmienok uskutočniť buď bez rozrušenia organominerálnych látok viazaných povrchom kryštalického ílu, buď po ich rozrušení. Podľa týchto dvoch možných spôsobov dispergácie a tým aj následného transportu ílových častíc, resp. podmienok, ktoré k nim vedú, čím ďalej tým väčšia skupina autorov (6, 36, 37, 38, 72, 81, 84, 110 a i.) rozlišuje dve formy illimerizácie. V ich označovaní nie sú jednotní, ale relatívne dobre sa zhodujú v charakteristike týchto dvoch možných foriem illimerizácie.

Prvá forma illimerizácie, pri ktorej sa premiestňujú peptizované ílové častice bez podstatnejšieho narušenia ich organominerálnych amorfných prvkov je v prevažnej miere mechanickým procesom (6, 36, 37, 38, 72, 80, 81, 83, 84, 110 a i.). Preto by sme ju odporúčali označiť ako *mechanickú* illimerizáciu. Mechanická illimerizácia skoro výlučne sa viaže na nespevnené alebo málo spevnené sedimentárne horniny s obsahom uhličitanu vápenatého a ílu (36, 37, 51, 72, 73, 81). Na týchto pôdotvorných substrátoch dispergácia a následný mechanický pohyb ílu ďalej vyžadujú:

1. vymytie uhličitanu vápenatého,
2. dostatok pórov a vodivých dráh v pôdnej hmote,
3. také klimatické podmienky, pri ktorých dochádza jednak k preschnutiu profilu, jednak k jeho následnému náhlemu nadbytočnému zvlhčeniu zrážkovou vodou.

O tom, že k dispergácii ílu je nevyhnutné vyplavenie uhličitanu vápenatého, svedčia viaceré údaje z literatúry a názory 1, 3, 36, 46, 67, 68, 73, 80, 84, 100, 110). Nevyhnutnosť dekalifikácie je podmienená tým, že s ňou súvisia:

1. uvoľnenie jemného ílu „uväzneného“ karbonátmi,
2. pokles koncentrácie flokulačne pôsobiacich iónov dvojmocných báz a tým vytvorenie pre tento proces optimálnej — mierne kyslej aktuálnej reakcie,

3. zvýšenie pórovitosti pôdotvorného substrátu, resp. vytvorenie pórov a vodivých dráh na mieste karbonátových zŕn.

Napriek uvedenému sú práce, ktoré vyplavenie karbonátov nepovažujú za nevyhnutné (28, 30, in 102) alebo predpokladajú súčasné vyplavovanie uhličitanu vápenatého a ílu (47). K týmto mylným tvrdeniam autori podľa nášho názoru mohli dôjsť nerešpektovaním:

1. prekrytia už texturálne diferencovaného profilu karbonátovým materiálom, čo malo za následok jeho druhotné obohatenie o CaCO_3 ,
2. zmeny vodného režimu už texturálne diferencovaného profilu následkom klimatických zmien počas holocénu, a to z periodicky premyvneho na nepremývny, čo zapríčinilo jeho druhotné zavápnenie kapilárnym zdvihom alebo zvetrávaním, na čo upozorňuje aj Reuter (93),
3. nerovnomernej dekarbonatizácií profilov na zrnitostne ťažších pôdotvorných substrátoch s mohutnejšími výsušnými trhlinami alebo hrubými vodivými dráhami.

Najmä v terajších arídnych klimatických podmienkach, odkiaľ pochádzajú aj citované práce, môžu mať spomenuté momenty značnejší dosah a trvanie.

Po vymytí karbonátov a s tým súvisiacimi zmenami v pôde dispergáciu ílových častíc môže vyvolať už sama zrážková voda (17, 21, 36, 42, 46, 73, 80, 84, 85, 88, 100, 110, 116, 117), resp. pri modelovacích pokusoch destilovaná voda (18, 23, 55, 74, 75). Väčšina spomenutých autorov pripisuje intenzívny dispergačný účinok najmä náhlemu nadbytočnému zvlhčeniu preschnutého profilu. Len niektorí (42, 116, 117) dávajú do súvislosti množstvo dispergovaného ílu s dĺžkou obdobia nadbytočného zvlhčenia.

Mobilizáciu ílových častíc popri zrážkovej vode mnoho autorov spája s dispergačnými účinkami viacerých minerálnych a organických látok.

V začiatočnom období riešenia tejto problematiky značne sa rozšíril názor Pallmanna (in 5, in 109) o dispergačných účinkoch koloidnej SiO_2 , a to najmä v teplejších klimatických podmienkach (25, 27, 29, 34, 35, 43, 44, 58, 80, 81, 96, 97, 109, 114 a i.). Novšie údaje však poukázali na neplatnosť tohto predpokladu, lebo nie sól SiO_2 ale $\text{Si}(\text{OH})_4$ je komponentom pôdneho roztoku (73). Predpoklad o dispergačných účinkoch vodíka viazaného povrchom ílových častíc (44, 109 a i.) sa taktiež z novej literatúry opodstatnene vytratil.

Organické látky, pri ktorých sa predpokladajú alebo potvrdili dispergačné účinky na častice jemného ílu, sú veľmi rozmanite definované, a to ako: mikrobiálne ľahko rozložiteľné, rozpustné a polorozpustné organické látky (35, 67, 73), prvotné produkty rozkladu organickej látky (34), rozpustné organické anióny (in 36), rozpustné organické zlúčeniny (108), hydrofilné humusové sóly (117), organické látky (29, 44, 73), vo vode rozpustné rôzne organické látky (290), vo vode rozpustné rôzne komplexotvorné organické látky (20, in 36, 109), F_1 frakcia fulvokyselín podľa Ťurina (34, 35, 70), vodné výluhy z listia rôznych drevín (33, 70, 113), polysacharidy (13, 67), polyfenoly (13, 67, 71, 110), hydroxidí- a viac karboxylové organické kyseliny (32, 79).

Hromadnejší výskyt spomenutých organických látok v zrážkovej vode presakujúcej cez pôdny profil sa spája aspoň s čiastočným podviazaním biologickej aktivity, t. j. so zhoršenou humusovou formou. Podľa novších experimentálnych údajov (20, 32, in 36) v minerálne bohatom a dobre prevzdušnenom prostredí s intenzívnou biologickou aktivitou ich biodegradácia (rozklad) za-

čina sa už v opade a končí v A horizonte. Preto ich význam pri mechanickej illimerizácii môžeme považovať za zanedbateľný až nulový.

O podradnom význame rozpustných a pseudorozpustných organických látok, ktoré pri svojich dispergačných účinkoch narúšajú organominerálne amorfné povlaky ílových častíc, svedčia aj nepriame dôkazy — zhodný profilový priebeh železa a jemného ílu v pôdach s predpokladanou mechanicou illimerizáciou (15, 36, 37, 41, 45, 68, 119 a i.).

V spojitosti s peptizáciou ílových častíc pri mechanickej illimerizácii treba sa ešte zmieniť tak o vplyve amorfných organominerálnych povlakov a katiónového nasýtenia ílu, ako aj o reakcii prostredia, v ktorom tento proces môže prebiehať.

Negatívny vplyv na peptizáciu ílových častíc podľa experimentálnych údajov (41, 55), aj podľa názorov (67, 84) majú hrubšie seskvioxidové, resp. Fe-hydroxidové povlaky.

Negatívny vplyv sa pripisuje aj vysokokondenzovaným humínovým látkam slúžiacim ako tmelivo pôdných agregátov (33, 34). Väčšiemu zastúpeniu organických látok, najmä humínovej povahy, v materiáli povlakov ílu sa prisudzuje pozitívny vplyv, a to najmä pri časticiach s hrubšími Fe-hydroxidovými povlakmi (41, 84, 100). Treba však pripomenúť, že viacerí autori spájajú vyšší obsah humínových látok v íle Bt-horizontu buď s predchádzajúcim černozeňným vývojom pôdy (98), buď s tvorbou tohto horizontu vo fosílnom černozeňnom horizonte po jeho prekrytí koluviálnym materiálom (83, 99). Spomenuté tri náhľady na zvýšený obsah humínových látok v iluviovanom íle sa však podľa nášho názoru vzájomne nevylučujú. Dôležité však je, že z posledne spomenutých prác rezultuje aj prevažný pôvod humínových látok — humifikácia koreňového opadu vegetácie v predchádzajúcich obdobiach holocénu.

Hydrofilnosť, nasiakavosť, resp. napučívanie a tým aj peptizácia ílových častíc závisí aj od druhu katiónov viazaných v ich sorpčnom komplexe a od druhu a koncentrácie solí v okolitom prostredí.

Jednotlivé katióny v závislosti od svojho polomeru a veľkosti náboja majú veľmi rozdielny hydrodynamický polomer (polomer iónu spolu s hydratovaným obalom). V dôsledku toho na povrchu ílových častíc rovnakej kvality a za rovnakých podmienok vytvárajú rôzne hrubú difúziu časť elektrickej dvojvrstvy. Hrubka difúznej časti elektrickej dvojvrstvy je v priamej závislosti s hodnotou elektrokinetického potenciálu. Čím je elektrokinetický potenciál vyšší, tým ľahšie dochádza k oddisociovaniu adsorbovaných katiónov. Takto ílové častice získavajú vlastnosti mnohovalentných aniónov a navzájom na seba pôsobia elektrostatickou odpudivou silou, zvyšuje sa ich lyofilnosť, a preto sa ľahko peptizujú.

Z katiónov, ktoré prichádzajú v najväčšej miere do úvahy v sorpčnom komplexe ílových častíc, najväčší hydrodynamický polomer, a preto aj elektrokinetický potenciál vytvára Na^+ ión. Tým sa vysvetľujú aj jeho vysoké dispergačné účinky. V týchto vlastnostiach relatívne málo za ním zostáva K^+ ión. V porovnaní s Na^+ zhruba polovičný elektrokinetický potenciál podmieňujú Ca^{2+} a Mg^{2+} ióny. Rovinné alebo skoro rovinné usporiadanie majú v difúznej časti elektrickej dvojvrstvy ióny H^+ a Al^{3+} . Podmieňujú teda nulový alebo veľmi nízky elektrokinetický potenciál, s ktorým súvisí silne vykoagulovaný stav ílu.

Hrubka difúznej časti elektrickej dvojvrstvy ílových častíc rovnakej kvality

však nezávisí len od druhu katiónov viazaných v sorpčnom komplexe, ale aj od koncentrácie solí, resp. ich iónov v pôdnom roztoku. Čím viac prekračuje koncentrácia solí hodnotu potrebnú na plné nasýtenie sorpčného komplexu, tým je hrúbka elektrickej dvojvrstvy menšia a tým klesá elektrokinetický potenciál i dispergovateľnosť ílových častíc.

Spomenuté zákonitosti našli u viacerých autorov (36, 67, 68, 76, 84, 119 a i.) odraz pri vymedzovaní rozpätia, v ktorom dochádza k peptizácii a migrácii ílu. Toto rozpätie vymedzujú autori od vymytia karbonátov (zníženej koncentrácie Ca^{2+} iónov) po objavenie sa kyslo pôsobiacich hliníkových iónov v pôdnom roztoku, a tým aj v sorpčnom komplexe.

Názory niektorých autorov (55, 100) o širokom rozpätí reakcie prostredia (pH 3—8), v ktorom sa íl môže mobilizovať, nemôžu byť pravdivé. Treba však pripustiť, že pri modelovacích pokusoch, kde sa dajú vytvoriť veľké rozdiely medzi stavom sorpčného komplexu a kvalitou premývacieho roztoku, môže dôjsť ku krátkodobej mobilizácii ílu aj pri nepriaznivej reakcii premývacieho roztoku, a to v tých prípadoch, keď presycovanie sorpčného komplexu prechádza cez rozpätie priaznivých podmienok.

Z koloidno-chemických zákonitostí podmieňujúcich peptizáciu ílu rezultuje nielen rôzna intenzita peptizácie v rozpätí vyhovujúcich podmienok, ale aj zmeny v kvalite mobilizovateľného ílu. V začiatkovej a konečnej fáze tohto procesu, t. j. po dostatočnom znížení koncentrácie Ca^{2+} iónov a pri ešte prístupnej koncentrácii H^+ iónov a tým aj kyslo pôsobiacich hliníkových iónov, budú sa už, resp. ešte mobilizovať častice s najväčším jednotkovým povrchom a sorpčnou kapacitou. Smerom k optimálnym podmienkam bude sa zvyšovať veľkosť a znižovať sorpčná kapacita mobilizovateľného ílu. Počiatok, koniec, ako aj optimálne podmienky na mobilizáciu sú teda závislé v určitom rozpätí od kvality ílového podielu konkrétneho profilu. Konečný výsledok popri permeabilite profilu a klimatických podmienok bude závisieť tak od dĺžky doby s vyhovujúcimi podmienkami pre tento proces, ako aj s kvalitou ílu konkrétneho profilu.

V spojitosti s touto problematikou, podľa nášho názoru, autori nevenujú dostatočnú pozornosť ani času potrebnému na hydratáciu a následnú peptizáciu ílu, ani objemovým zmenám sprevádzajúcim tieto procesy. Napríklad podľa Winkertona a Bavera (in 55) napučiavanie Na-montmorillonitu len na objem Ca-montmorillonitu si vyžaduje skoro 5 hodín dlhší čas. Preto na jeho migráciu by nestačili krátkodobé letné zrážky. Zväčšenie objemu montmorillonitových ílov podľa Milena a Kinga (in 53) je pri Na-nasýtení 15- až 17-násobné, pri Ca nasýtení len 1,4-násobné až 2,4-násobné. Teda 0,2 μm častica sa podľa toho môže raz zväčšiť na 0,5 μm , druhý raz len na 0,22—0,27 μm , t. j. pri Na-nasýtení skoro 2,5-krát a pri Ca nasýtení len 1,1—1,3-krát. Hoci uvedené príklady sú extrémne a v prípade Na^+ iónu pri illimerizácii len teoreticky možné, v budúcnosti treba rátať aj s týmito momentmi pri mechanizme preberaného častkového pôdotvorného procesu.

Ako sme už uviedli, k diferenciacii profilu illimerizáciou nestačí len peptizácia ílu. Peptizovaný íl musí mať možnosti transportu do hlbších častí pôdneho profilu. Preto je aj kvantita a kvalita vodivých dráh pre descendentné prúdy vody rozhodujúcim činiteľom pri texturálnej diferenciacii profilu. Priamo na to poukazujú aj viacerí autori (4, 18, 21, 29, 31, 36, 39, 51, 55, 63, 67, 73, 75, 81, 103, 110, 116 a i.). Niektorí (29, 51, 63, 116) za najvýznamnejšie považujú

hrubé — nekapilárne vodivé dráhy. Iní [18, 31, 55, 57, 73] zväčša na základe experimentálnych údajov poukazujú na veľký význam vodivých dráh kapilárnych rozmerov. Podľa Meľnikovovej a Koveňu [75] dispergovaný íl môže sa premiestňovať aj pohybom obalovej vody. Khalifa a Buol [63] zistili intenzívnejší transport vo vertikálne smerovaných vodíkových dráhach. Buol a Hole [21] upozorňujú aj na významnosť stability agregátov a vodivých dráh.

Premiestňovanie dispergovaného ílu môže sa teda diať cez všetky vodivé dráhy vsakujúcej vody. Najväčší význam však majú väčšie vodivé dráhy s dobrou stabilitou a vertikálnym smerovaním. Tie môžu mať aj rozmery hrubších kapilár [napr. priemer okolo 0,1—0,05 mm], ale v každom prípade majú umožňovať relatívne rýchle vsakovanie vody. Preto ich podľa Šályho [110] navrhujeme označiť ako vodivé dráhy rýchle vsakujúcej vody a ďalej diferencovať podľa sily, ktorá rýchle vsakovanie vody podmieňuje, na gravitačné a kapilárne.

Úlohu jemných kapilárnych vodivých dráh a pohybu obalovej vody vidíme najmä v transportovaní dispergovaného ílu na krátke vzdialenosti, t. j. k vodivým dráham rýchle vsakujúcej vody a v redistribúcii premiestneného ílu v rámci iluviálneho horizontu.

K premiestňovaniu ílu presakujúcou vodou treba ešte poznamenať, že podľa experimentálnych údajov autorov Gossa, Smitha a Stewarta [51], Khalifu a Buola [63], podľa [106], ale aj podľa našich skúseností v rozmerove väčších, tzv. zberných gravitačných dráhach rýchle vsakujúcej vody sa môže peptizovaný íl premiestňovať aj do niekoľkometrovej hĺbky, a to aj v substrátoch s obsahom CaCO_3 alebo inými nepriaznivými momentmi pre dispergovaný stav ílu. Podmieňuje to jednak veľká rýchlosť pohybu vody a tým nedostatok času na vyrovnanie vlastností hydrosuspenzie s okolitým prostredím, jednak čím ďalej tým väčší izolačný vplyv vytváraných ílových povlakov, ktoré značne sťažujú prenikanie a výmenu iónov [64]. Za týchto podmienok nemôže sa však vytvoriť iluviálny horizont [51], lebo pohyb a akumuláciu ílu existujúce podmienky obmedzujú len na priestor gravitačných dráh rýchle vsakujúcej vody.

Tvorbu a miesto vzniku pre mechanickú illimerizáciu charakteristického iluviálneho horizontu po zosumarizovaní a zhodnotení údajov literatúry a názorov autorov [1, 7, 18, 28, 29, 30, 34, 36, 37, 39, 42, 54, 57, 62, 65, 73, 80, 82, 84, 94, 100, 105, 106, 110, 112, 120 a i.] môžeme spájať so zložitou kombináciou často vzájomne sa podmieňujúcich a ovplyvňujúcich fyzikálnych, chemických, fyzikálnochemických, resp. koloidnochemických príčin. Rozhodujúce sú všetky tie momenty, od ktorých závisí spomaľovanie až zastavenie pohybu presakujúcej vody, mechanické zachytenie (odfiltrovanie) peptizovaného ílu, zhusťovanie hydrosuspenzie a zvyšovanie koncentrácie solí a iónov v nej. Tieto momenty súvisia tak s vlastnosťami pôdotvorného substrátu modifikovanými predchádzajúcou genézou profilu, ako aj s bioklimatickými podmienkami. Toho názoru sú aj viacerí autori [34, 39, 42, 67, 73, 103, 110], pravda, podrobnejšie zosumarizovanie príčin nenachádzame ani u jedného z nich.

Spomaľovanie až zastavenie presakujúcej vody, resp. hĺbka prenikania zrážok v podobe rýchle presakujúcej vody, súvisí s permeabilitou, kapilárnou kapacitou a momentálnou vlhkosťou jednotlivých častí pôdneho profilu, ale aj od množstva vody, ktorá sa dostáva na povrch minerálnej zeminy, t. j. od výdatnosti zrážok, intercepcie drevinnej až bylinnej vegetácie, povrchového odtoku a kapilárnej kapacity nadložného humusu.

Odfiltrovanie premiestňovaného ílu súvisí so spomenutými zmenami v permeabilite profilu, t. j. so zúžením a upchatím vodivých dráh a s prenikaním presakujúcej vody do vnútra agregátov a veľmi jemných pórov, kde sa už íl pre svoje rozmery nemôže dostať.

Zhustovanie presakujúcej hydrosuspenzie, až čiastočná dehydratácia ílu, súvisí jednak s už spomenutými procesmi odfiltrovaní, jednak s desukciou vegetácie a fyzikálnym výparom, a to prevažne až po jej mechanickom zadržaní v určitej hĺbke pôdneho profilu.

Zvyšovanie koncentrácie solí a tým aj iónov je podmienené tak zhustovaním hydrosuspenzie, ako aj ich väčšou koncentráciou v hlbších partiách pôdneho profilu. Z tohto hľadiska je významné aj to, či vzájomné pôsobenie presakujúcej vody a pôdnej hmoty je časove dostačujúce na vyrovnanie vzájomných koncentračných rozdielov. Preto je pravdepodobné, že ku koncentračne vyrovnanému stavu dôjde len po zadržaní presakujúcej vody, a aj to len po určitom čase.

Zhustovanie až čiastočná dehydratácia hydrosuspenzie ílu vysušením spolu so stále sa zvyšujúcou koncentráciou solí a iónov, hlavne Ca^{2+} , vedie k zníženiu elektrokinetického potenciálu pohyblivej časti elektrickej dvojvrstvy ílových častí až na izoelektrický bod [34, 39, 80]. Následkom toho sa premiestnený íl vyzráža na povrchu vodivých dráh a agregátov v podobe charakteristických orientovaných povlakov. Tie boli predmetom hlbšieho výskumu inej práce z nášho pracoviska [26], a preto sa nebudeme s nimi hlbšie zaoberať. Poznamenávame však, že podľa viacerých prameňov [16, 17, 18, 23, 82, 106] materiálovým zdrojom pre ich tvorbu za priaznivých podmienok môže byť aj íl mobilizovaný v rámci íluviálneho horizontu.

Iniciálne štádium tvorby texturálneho íluviálneho horizontu niektorí autori spájajú buď s menšími zmenami v permeabilite a kapilárnej kapacite [4, 29, 42, 51], buď s hustotou koreňovej siete vegetácie v určitej hĺbke profilu [9, 34]. Vytvorené náznaky obohateného horizontu zväčšujú spomenuté rozdiely, a tým podmieňujú ešte intenzívnejšiu tvorbu tohto horizontu.

V začiatkových fázach tvorby, resp. v hlbších partiách íluviovanej zóny, sa tvoria orientované povlaky ílu najmä na stenách vodivých dráh rýchle vsakujúcej vody. Na týchto miestach, ako sme už spomenuli, čím ďalej tým viac spomaľujú vyrovnávanie koncentračných rozdielov medzi pôdnou hmotou a presakujúcou vodou. Preto sa dispergovaný íl postupne môže dostávať do jemnejších pórov a trhlín. Tým sa zväčšuje plocha medzipriestorov s orientovanými povlakmi ílu, aj rovnomernosť ich rozloženia v íluviálnom horizonte. Maximálne možná rovnomernosť je však vždy limitovaná hustotou siete pre transport dispergovaného ílu dostatočne veľkých pórov a trhlín.

Druhú formu illimerizácie charakterizuje odstránenie (rozpustenie) amorfných povlakov kryštalického ílu a následné separátne premiestňovanie týchto dvoch komponentov ílových častíc [32, 33, 34, 36, 80, 110]. Je podmienená rozpustnými a pseudorozpustnými kyslými organickými látkami nadložného humusu, ktoré sa pre čiastočné podviazanie biologickej aktivity v A horizonte vplávajú do pôdy. Tu vytvárajú pohyblivé organominerálne komplexy s amorfnou i kryštalickou zložkou ílových častíc, takto sa premiestňujú do hlbších vrstiev profilu a len tam sa rozkladajú mikrobiálnou činnosťou [32, 33, 34, 36]. Tým sa zložky ílových častíc imobilizujú. Mobilizácia ílových častíc je teda procesom chemickým a koloidnochemickým, imobilizácia procesom mikro-

biologickým. Preto by sme túto formu odporúčali označiť ako *chemicko-biologickú* illimerizáciu.

Chemicko-biologická illimerizácia sa viaže na kyslé a hrdšie prevzdušnené nespevnené sedimentárne horniny alebo na pôdy, v ktorých prebiehala mechanická illimerizácia, ale pre prílišné zakyslenie sa tento proces zastavil (36).

Taký stupeň zakyslenia, resp. nedostatku báz a zhoršenia prevzdušnenosti, pri ktorom nastáva zníženie biologickej aktivity, je vlastne samohybnom. Vyvoľáva postupnú degradáciu štruktúry a tým ďalšie zhoršovanie prevzdušnenosti, ďalšie zakyslenie a ešte intenzívnejšie zníženie biologickej aktivity. Znižovaním biologickej aktivity preniká do minerálnych horizontov profilu čím ďalej tým viac kyslých rozpustných a pseudorozpustných organických látok. Tie však, na rozdiel od podzolov, sú ešte bohaté na dusík (C:N pod 20), a preto sú mikrobiálnou činnosťou ľahko rozložiteľné (63, 69, 70). Prv sa predpokladalo, že pri objasňovaní mechanizmu mobilizácie železa ako podstatného komponentu amorfných povlakov ílových častíc, sú nevyhnutné redukčné podmienky, t. j. že len dvojmocné železo sa rozpúšťa a tvorí komplexné zlúčeniny s kyslými organickými látkami. Tieto podmienky sa predpokladali pri jesennom a jarnom nadbytočnom prevlhčení profilu (34, 59, 60). Ukázalo sa však, že ani v tomto období v povrchovej časti profilu nepanujú redukčné podmienky (89). Výsledky modelovacích pokusov (10, 11, 12, in 32, in 36, 70, 71, 79) na druhej strane ukázali, že k tvorbe pohyblivých komplexných zlúčenín železa nie sú potrebné redukčné podmienky. Organické látky z nadložného humusu redukujú, chelatizujú a rozpúšťajú trojmocné železo z jeho zlúčenín aj v oxidačnom prostredí. Stálosť vytvorených komplexných zlúčenín je však mocne závislá od reakcie prostredia. Čím je reakcia alkalickejšia, následkom prítomnosti Ca^{2+} iónov, tým viac organických látok potrebuje železo na to, aby zostalo v podobe pohyblivých komplexných zlúčenín (10, 69).

Z organických zlúčenín, resp. rozpustných organických látok vylúhovaných z listia a nadložného humusu, ktoré sú schopné redukovať, chelatizovať a rozpúšťať trojmocné železo z jeho zlúčenín, sa v literatúre uvádzajú taníny (34, 113), resp. polyfenoly (10, 12, 71, 110), polysacharidy (13, 67) i organické kyseliny (23, 112), a to najmä tie, ktoré obsahujú viac karboxylových skupín a jednu hydroxylovú skupinu (in 32, 79). Podľa týchto údajov teda mobilizáciu železa z jeho trojmocných zlúčenín podmieňujú tie organické látky, v ktorých molekulách a makromolekulách dochádza k silnej polarizácii až ionizácii určitých aktívnych skupín, k odštiepeniu vodíka a vzniku komplexných zlúčenín. Na reakčnú rýchlosť vzniku komplexov majú nepochybne vplyv indukčné a mezomorfné efekty vo vnútri aktívnych centier, ako aj charakter radikálov a zvyškov viazaných na aktívne centrá (nenасыtené väzby, aromatický charakter, vplyv druhu a polohy substituentov na reťazcoch aromatických i ne-aromatických). Preto vznik komplexných zlúčenín železa pri hydroxy-dikarboxylových či viackarboxylových kyselinách s čo najkratším reťazcom bude mať rýchlejší reakčný priebeh ako pri vysokomolekulových zlúčeninách s malým počtom karboxylových skupín, ktorých aktivita nebude ovplyvnená napr. prítomnosťou hydroxylových skupín. Podobné zákonitosti budú platiť aj pri polyfenoloch, polysacharidoch a trieslovinách.

Mechanizmus mobilizácie železa pri chemicko-biologickej illimerizácii môžeme teda považovať za relatívne dobre objasnený. Mechanizmus peptizácie kryštalických ílových častíc je však ešte málo známy. Preto viacerí autori (in 36)

myslia, že migrácia kryštalického ílu v existujúcom kyslom prostredí je blokováaná. O možnosti premiestňovania týchto častíc však svedčia nepriame i priame dôkazy. Medzi nepriamymi dôkazmi môžeme spomenúť väčšiu texturálnu diferenciaciu týchto pôd v porovnaní s pôdami s mechanickou illimerizáciou [36]. Ako priame dôkazy slúžia viaceré experimentálne údaje, ktoré dokazujú peptizáciu častíc kryštalického ílu rozpustnými organickými aniónmi (in 36), rozpustnými organickými zlúčeninami [108, 113], ako aj neviazaním polysacharidov a polyfenolov z listových výluhov na ich povrch [13]. Tieto údaje, podľa nášho názoru, svedčia o tom, že aj pri tejto forme illimerizácie dochádza k premiestňovaniu ílových častíc, pravda, tento proces nie je taký intenzívny ako pri mechanickej illimerizácii, ale má skoro neobmedzenú dĺžku trvania. Na základe zákonov koloidnej chémie možno predpokladať, že v kyslom prostredí organické látky vo funkcii ochranného koloidu vyvolávajú skôr peptizáciu partikulí s väčšou hustotou povrchového náboja, resp. nižšou sorpčnou kapacitou. Takýchto ílových minerálov v silnejšie navetraných substrátoch je však málo. Na ľahší transport ílových častíc s nízkou sorpčnou kapacitou čiastočne poukazujú aj experimenty Bloomfelda [13] s kaolinitom. Peptizácia častíc kryštalického ílu má teda pravdepodobne protichodné zákonitosti ako pri prevažne mechanickej forme illimerizácie.

Význam kvantitty a kvality vodivých dráh z hľadiska premiestňovania ílových častíc sme podrobnejšie prebrali pri mechanickej illimerizácii. Preto k tejto problematike len poznamenávame, že pri chemicko-biologickej illimerizácii v dôsledku separátneho premiestňovania amorfného a kryštalického podielu ílových častíc, ako aj nižšej permeability pôdotvorných substrátov, zväčšuje sa význam tak vodivých dráh menších rozmerov, ako aj mohutnejších trhlín vzniknutých vysušením profilu. S horšou permeabilitou súvisí aj ťažšie preschýnanie profilu, čo zasa dáva možnosti na vznik občasných redukčných podmienok a tým aj na rozsiahlejšie všesmerné premiestňovanie dispergovaných látok kapilárnymi prúdmi vody.

Tvorba iluviálneho horizontu pri tejto forme illimerizácie sa spája s mikrobiálnym rozkladom organických komplexov dvojmocného železa v suchších obdobiach a vyžrážaním uvoľneného železa po jeho oxidácii na povrchu kryštalického ílu [32, 33, 34, 36]. Poukazujú na to najmä experimentálne údaje Domerguesa a Duchaufoura [32], ktorí tento proces označili ako „biologická akumulácia železa“. Mikrobiálna činnosť sa sústreďuje najmä do lepšie prevzdušných zón, a preto vytvorený iluviálny horizont je mramorovaný. Jeho charakteristickou analytickou črtou, na rozdiel od Bt vytvoreného mechanickou illimerizáciou je rozdielny profilový priebeh železa a ílu.

Proces chemicko-biologickej illimerizácie postupne natoľko obohatí už aj tak slabšie priepustný Bt-horizont, že sa stáva ťažko priepustným až impermeabilným. Tým sa tento proces zastaví a dochádza k následnému hydro-morfnému, resp. semihydromorfnému vývoju. Je samozrejmé, že tieto dva procesy sa môžu v dlhotrvajúcom prechodnom období vývoja profilu ešte v určitých obdobiach roka striedať.

LITERATÚRA

1. ALLAN, R. J., HOLE, F. D.: Clay Accumulation in Some Hapludalfs as Related to Calcareous Till and Incorporated Loess on Drumlins in Wisconsin. Soil Sci. Soc. Am.

Proc., 32, 3, Danville 1968. — 2. ARNAUD, R. J. S., WHITESIDE, E, P.: Morphology and Genesis of a Chernozemic to Podzolic Sequence of soil Profiles in Saskatchewan. Canad. J. Soil Sci., 44, 1, Ottawa 1964. — 3. ARNOLD, R. W.: Multiple Working Hypothesis in Soil Genesis. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 29, 6, Danville 1965. — 4. BARTELLI, L. J., ODELL, R. T.: Laboratory Studies and Genesis of a Clay-Enriched Horizon in the Lowest Part of the Solum of Some Brunizem and Gray-Brown Podzolic Soils in Illinois. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 24, 4, Danville 1960. — 5. BEDRNA, Z.: Podzolizácia a illimerizácia. Písomná práca ku skúške z kand. minima, Rukopis, Lab. pôdoznavectva., Bratislava 1962. — 6. BEDRNA, Z.: Systematika a klasifikácia pôdotvorných procesov. Geogr. Čas., 15, 1, Bratislava 1973. — 7. BEDRNA, Z., ČURLÍK, J.: Clay Accumulation and Translocation in Grey Podzolic Soil on Loess. In: Vedecké práce VÚPVR, 4, SVPL, Bratislava 1970. — 8. BEDRNA, Z., KUŠEVA, M.: Vnútropôdne zvetrávanie v černoze-miach hnedozemných na spraši. In: Vedecké práce Lab. pôdoznal. v Bratislave, 1, SVPL, Bratislava 1966. — 9. BLOOMFIELD, C.: A Study of Podzolization. J. Soil Sci., 6, 2, London 1955. — 10. BLOOMFIELD, C.: Leaf Leachates as a Factor in Pedogenesis. J. Sci. Food Agric., 6, London 1955.

11. BLOOMFIELD, C.: The Experimental Production of Podzolization. In: Rapports VI. Congrès International de la Science du Sol. E, Paris 1956. — 12. BLOOMFIELD, C.: Mobilization Phenomena in Soils. Rep. Rothamst. Exp. Sta., St. Albans, Herts 1963. — 13. BLOOMFIELD, C.: The Mechanism of Podzolization. Welsh Soil Discussion Group, Report 11, Cardiff 1970. — 14. BLUME, H. P.: Die Deutung der Tiefenfunktion des Tonmineralbestandes von Böden. Beitr. mineral. Petrogr., 9, Heidelberg 1963. — 15. BLUME, H. P., SCHWERTMANN, U.: Genetic Evaluation of Profile Distribution of Aluminium, Iron, and Manganese Oxides. Soil Sci., Soc. Am. Proc., 33, 3, Danville 1969. — 16. BREWER, R.: Classification of Plasmic Facies of Soil Materials. In: Soil Micromorphology Proc. of the second working-meeting on Soil Micromorph., Edited by Jongerius A., Elsevier Publishing Company, Amsterdam — London — New York 1964. — 17. BREWER, R.: Clay Illuviation as a Factor in Particle — Size Differentiation in Soil Profiles. Trans. 9th Intern. Congr. Soil Sci., 4, Melbourne 1968. — 18. BREWER, R., HALDANE, A. D.: Preliminary Experiments in the Development of Clay Orientation in Soils. Soil Sci., 84, 4, Baltimore 1957. — 19. BRONGER, A., REICHENBACH, H., SCHROEDER, D.: Über den Tonmineralbestand des Lössprofils von Heitersheim, Südbaden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden.-kde, 113, 3, Weinheim 1966. — 20. BRUCKERT, S., JACQUIN, F., METCHE, M.: Contribution à l'étude des acides phénols présents dans les sols. Bul. Ecole nat. super. agron. Nancy, 9, 1, Nancy 1967.

21. BOUL, S. W., HOLE, F. D.: Clay Skin Genesis in Wisconsin Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25, 5, Danville 1961. — 22. CADY, J. G.: Mineral Occurrence in Relation to Soil Profile Differentiation. In: Trans. 7th Intern. Congr. Soil Sci., 4, Madison 1960. — 23. CELIŠČEVOVÁ, L. K.: Modelirovanje ilľuvialnogo processa v ľossach [k teorii processov lessivaža]. In: Genезis i geografija počv zarubežnych stran po issledovanijam sovetskich geografov. Sb. nauč. statej posviaščennyh VIII meždunarodnomu kongresu počvovedov v Buchareste, Nauka, Moskva 1964. — 24. CELIŠČEVOVÁ, L. K., GRADUSOV, B. P.: Glinistyje mineraly v pseudopodzolistych i buroj lessivirovanoj počvach Zakarpatija. Počvovedenije, 4, Moskva 1969. — 25. CERNESCU, N.: Kriterien der Bodenklassifikation in Rumanien. Rostl. Výrob. 6, 6/7, Praha 1960. — 26. CIESARIK, M.: Mikromorfologická charakteristika lešných pôdnych typov Slovenska. Kandidátska dizertačná práca. KPG VŠLD, Zvolen 1971. — 27. CLINE, M. G.: Profile Studies of Normal Soils of New York: I. Soil Profile Sequences Involving Brown Forest, Gray — Brown Podzolic, and Brown Podzolic Soils. Soil Sci., 68, 4, Baltimore 1949. — 28. CULVER, J. R., GRAY, F.: Morphology and Genesis of Some Grayish Clay Pan Soils of Oklahoma, 2. Mineralogy and Genesis. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32, 6, Danville 1968. — 29. ČIRIČ, M.: Pedologija za šumare. Jugoslovenski savetodavni centar za poljoprivredu i šumarstvo, Beograd 1962. — 30. DANKERT, W. N., DREW, J. V.: Pedogenetic Distribution of Zinc

in Mollisols and Associated Entisols in Nebraska. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34, 6, Danville 1970.

31. DIJKERMAN, J. C., CLINE, M. G., OLSON, G. W.: Properties and Genesis of Textural Subsoil Lamellae. Soil Sci., 104, 1, Baltimore 1967. — 32. DOMMERGUES, Y., DUCHAUFOR, Ph.: Etude comparative de la dégradation biologique des complexes organo-ferriques dans quelques types de sols. Sci. du Sol., 1, Paris 1965. — 33. DUCHAUFOR, Ph.: Sur le rôle de la matière organique dans les phénomènes de lessivage et de podzolisation. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1, 245, Paris 1957. — 34. DUCHAUFOR, Ph.: Précis de pédologie. Massont et Cie Paris 1960. — 35. DUCHAUFOR, Ph.: Précis de pédologie. Deuxième édition. Massont et Cie, Paris 1965. — 36. DUCHAUFOR, Ph.: L'évolution des sols [Essai sur la dynamique des profils]. Massont et Cie, Paris 1968. — 37. FEDOROFF, N.: Genese et morphologie de sols à horizon B textural en France atlantique. Sci. du Sol., 1, Paris 1968. — 38. FEDOROFF, N.: Le dépôt de particules migrant en suspension à travers les sols. Lab. Géol.-Pédol., Grignon 1970. — 39. FIEDLER, H. J., REISSIG, H.: Lehrbuch der Bodenkunde. VEB G. Fischer Verlag, Jena 1964. — 40. FLOATE, M. J. S.: A Chemical, Physical, and Mineralogical Study of Soils Developed on Glacial Lacustrine Clays in North Central British Columbia. Can. J. Soil Sci., 46, 2, Ottawa 1966.

41. FÖLSTER, H., MEYER, B., KALK, E.: Parabraunerden aus primär carbonathaltigem Würm — Löss in Niedersachsen. II. Profilbilanz der zweiten Folge bodengenetischer Teilprozesse: Tonbildung, Tonverlagerung, Gefügeverdichtung, Tonumwandlung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden.-kde, 100, 1, Weinheim 1963. — 42. FRANZ, H.: Feldbodenkunde. Verlag G. Fromme, Wien — München 1960. — 43. FRIDLAND, V. M.: Opodzolizacija i illimerizacija. Doklady AN SSSR, 115, 5, Moskva 1957. — 44. FRIDLAND, V. M.: Ob opodzolivanii i illimerizacii [obezylivanii]. Počvovedenije, 1, Moskva 1958. — 45. GEBHARDT, H., LÜDERS, R.: Mineralogische Untersuchung einer regenerierten Parabraunerde. Z. Pflanzenernähr., Boden.-kde, 127, 2, Weinheim 1970. — 46. GERASIMOV, I. P.: Počvy Centralnoj Jevropy i svjazannyje s nimi voprosy fizičeskoj geografii. Izd. AN SSSR, Moskva 1960. — 47. GILE, L. H.: Soils of the Rio Grande Valley Border in Southern New Mexico. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34, 4, Danville 1970. — 48. GORBUNOV, N. I.: Počvennyje koloidy. Izd. AN SSSR Moskva 1957. — 49. GORBUNOV, N. I.: O perezdvizenii kolloidnyh i ilistnyh častic v počvach. Počvovedenije, 7, Moskva 1961. — 50. GORBUNOV, N. I., GRADUSOV, B. P.: Metody opredelnija vysokodispersnyh mineralov. Počvovedenije, 6, Moskva 1966.

51. GOSS, D. W., SMITH, S. J., STEWART, B. A.: Movement of Added Clay Through Calcareous Materials. Geoderma, 9, Amsterdam 1973. — 52. GRADUSOV, B. P., URUSEV-SKAJA, I. S.: Chimičeskij i mineralogičeskij sostav ilistnyh frakcij seryh lesnyh počv Kalužskoj oblasti. In: Vestnik Moskovskogo Universiteta, Biologija, Počvovedenije, 3, Moskva 1964. — 53. GRIM, R. E.: Mineralogija glin. Izd. inostrannoje literatury, Moskva 1959. — 54. GROSSMAN, R. B., ODELL, R. T., BEAVERS, A. H.: Surfaces of Peds from B Horizons of Illinois Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 28, 4, Danville 1964. — 55. HALLSWORTH, E. G.: An Examination of some Factors Affecting the Movement of Clay in an Artificial Soil. J. Soil Sci., 14, 2, London 1963. — 56. HARWARD, M. E., THEISEN, A. A., EVANS, D. D.: Effect of Iron Removal and Dispersion Methods on Clay Mineral Identification by X-ray Diffraction. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 26, 6, Danville 1962. — 57. HENDRICKS, S. B., CADY, I. G., FLACH, K. W.: Petrographische Studien of Mineral Translocation in Soils. In: Transaction of Joint Meeting of Commissions IV and V International Society of Soil Science, Lower Hutt, New Zealand 1962. — 58. CHIRITĂ, C. D., PĂUNE-SCU, C., TEACI, D.: Solurile României. Editura agro — silvatică, Bucuresti 1967. — 59. JARKOV, S. P.: Sezonnaja dinamika nekotoryh processov počvoobrazovanija. Počvovedenije, 6, Moskva 1956. — 60. JARKOV, S. P.: Počvy lesno-lugovoj zony SSSR. Izdat. AN SSSR, Moskva 1961.

61. JONGERIUS, A.: Some Morphological Aspects of Regrouping Phenomena in Dutch Soils. Geoderma, 4, Amsterdam 1970. — 62. KARPAČEVSKIJ, L. O.: Mikromorfologi-

českoje issledovanije processov vyščelačivanija i opodzolivanija počv pod lesom. Počvo-vedenije, 5, Moskva 1960. — 63. KHALIFA, E. M., BUOL, S. W.: Studies of Clay Skins in a Cecil [Typic Hapludult] Soil: I. Composition and Genesis. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 32, 6, Danville 1968. — 64. KHALIFA, E. M., BUOL, S. W.: Studies on Clay Skins in a Cecil [Typic Hapludult] Soil: II. Effect on Plant Growth and Nutrient Uptake. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 33, 1, Danville 1969. — 65. KLIMO, E.: Studies on the Recent Soil Processes as a Part of the Research of Function, Productivity, and Structure of Individual Ecosystems. In: Paper of the Third Czechoslovak Soil Science Conference I., SVTS — Dom techniky, Košice 1973. — 66. KUNDLER, P.: Lessivés (Parabraunerden, Fahlerden) aus Geschibemergel der Würm-Eiszeit norddeutschen Teifland. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden.-kde, 95, 2, Weinheim 1961. — 67. KUNDLER, P.: Waldbodentypen der Deutschen Demokratischen Republik. Neumann Verlag, Leipzig 1965. — 68. KUSSMAUL, H.: Vergleich von Lössböden unter Laubwald und Acker. Dissertation — Ludwig Maximilian Universität, München 1969. — 69. LINKEŠ, V.: Variabilita vlastností illimerizovaných pód a problémy ich klasifikácie. Poľnohospodárstvo, 18, 8, Bratislava 1972. — 70. LOSSAINT, P.: Sur le pouvoir réducteur des extraits de quelques litières forestières. Litières non décomposées. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. II. 245, Paris 1957.

71. LOSSAINT, P.: Étude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des forestières. An. agron., 10, Paris 1959. — 72. MANIL, G.: Diskussion über den Ausdruck „Lessivé“ auf Grund mikromorphologischer Beobachtungen. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden.-kde, 98, 3, Weinheim 1968. — 73. Mc KEAGUE, J. A., ARNAUD, St. R. J.: Pedotranslocation: Eluviation — Illuviation in Soils during the Quaternary. Soil Sci., 107, 6, Baltimore 1969. — 74. MELNIKOVÁ, M. K., KOVEŇA, S. V.: K metodike modelirovanija processa peremeščenija dispersnych častic v poristych sredach. Počvo-vedenije, 12, Moskva 1969. — 75. MEENIKOVOVÁ, M. K., KOVEŇA, S. V.: Primenenije radioaktivnych indikatorov dla modelirovanija processa lessivaža. Počvovedenije, 10, Moskva 1971. — 76. MEYER, B.: Zeitmarken in der Entwicklung mitteldeutscher Löss- und Kalksteinböden. In: Trans. 7th Intern. Congr. Soil Sci., 5, Madison 1960. — 77. MEYER, B., KALK, E., FÖLSTER, H.: Parabraunerden aus primär carbonathaltigen Würm-Löss in Niedersachsen. I. Profilbilanz der ersten Folge bodengenetischer Teilprozesse: Entkalkung, Verbraunung, Mineralverwitterung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden.-kde, 99, 1, Weinheim 1962. — 78. MINAŠINOVÁ, N. G.: Optičeski orientirovannyje gliny v počvach. Počvovedenije, 4, Moskva 1958. — 79. MUIR, J. W., MORRISON, R. I.: The Mobilization of Iron by Aqueous Extracts of Plante I., II., J. Soil Sci., 15, 2, London 1964. — 80. MÜCKENHAUSEN, E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt 1962.

81. MÜLLER, E. H.: Die Bildungsbedingungen von Braunerden und Parabraunerden sowie die Möglichkeiten ihrer Meliorierung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden.-kde, 103, 2, Weinheim 1963. — 82. NEIL, E., SMECK, L. P.: Genesis of Argillic Horizons in Celina and Morley Soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 32, 4, Danville 1968. — 83. NĚMEČEK, J.: Příspěvek k poznání staří organických látek v černozemích pomocí C¹⁴. Rostl. Výrob., 17, 6, Praha 1971. — 84. NĚMEČEK, J. etc.: Souborná metodika průzkumu zemědělských pód ČSSR, část A, 3. vyd. Vyd. Vědeckotechnických informací MZLVH, Praha 1966. — 85. OERTEL, A. C.: Some Observations Incompatible with Clay Illuviation. In: Trans. 9th Intern. Congr. Soil Sci., 4, Melbourne 1968. — 86. OBR, F.: Nekotoryje analitičes-kije charakteristiki illimerizovannyh počv v lesach Slovakii. In: Paper of the Third Czechoslovak Soil Science Conference, II. SVTS — Dom techniky Košice 1973. — 87. PAWLUK, S.: Mineralogical Composition of some Grey Wooded Soils Developed from Glacial Till. Can. J. Soil Sci., 41, Ottawa 1961. — 88. PELÍŠEK, J.: Výšková půdní pásmovitost střední Evropy. Praha 1966. — 89. PONOMARJOVOVÁ, V. V.: Teorija podzoloobrazovatel'nogo processa, biohimičeskie aspekty. Izd. Nauka, Moskva — Lenin-grad 1964. — 90. RANNEY, R. W., BEATTY, M. T.: Clay Translocation and Albic Tongue

91. REDMOND, C. E., OMODT, H. W.: Some Till Derived Chernozem Soils in Eastern North Dakota: I. Morphology, Genesis and Classification. Soil Sci. Soc. A. Proc., 31, 1, Danville 1967. — 92. REDMOND, C. E., WHITESIDE, E. P.: Some Till-Derived Soils in Eastern North Dakota: II. Mineralogy, and Development. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32, 1, Danville 1967. — 93. REUTER, G.: Lessivirovannyje počvy v različnych klimatičeskich oblastach Jevropy i Severnoj Ameriky. Počvovedenije, 8, Moskva 1968. — 94. REYNOLDERS, J. J.: A Study of Argillic Horizons in Some Soils in Marocco. Geoderma, 8, 4, Amsterdam 1972. — 95. RODE, A. A.: A „podzolosodás“ és „lessivage“ problémája. Agrokémia és talajtan, 1, Budapest 1964. — 96. RODE, A. A.: K voprosu ob opodzolivanii i lesivaže. Počvovedenije, 7, Moskva 1964. — 97. RODE, A. A.: Sistema metodov issledovanija v počvovedeniji. Izd. Nauka, sibirskoje otd., Novosibirsk 1971. — 98. ROHDENBURG, H., MEYER, B.: Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächennböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? In: Göttinger bodenkudl. Ber., 6, Göttingen 1968. — 99. SCHARPENSEEL, H. W., PIETIG, F.: Alterbestimmung von Böden durch die Radiokohlenstoffdatierungsmethode. Z. Pflanzenernähr., Boden.-kde, 122, 2, Weinheim 1969. — 100. SCHEFFER, F., ULRICH, B.: Lehrbuch der Agriculturnchemie und Bodenkunde. III. Humus und Humusdüngung, Stuttgart 1960.

101. SCHLICHTING, E., BLUME, H. P.: Art und Ausmass der Veränderungen des Bestandes mobiler Oxide in Böden aus jungpleistozänem Geschiebemergel und ihren Horizonten. Z. Pflanzenernähr. Düng., Boden. kde, 96, 2, Weinheim 1962. — 102. SIROVÝ, V.: Jílové minerály v půdách ČSSR. Rostl. Výrob. 12, 6, Praha 1966. — 103. SIROVÝ, V.: Studium procesů zvětrávání a translokace v profilu půd na Pleistocenních pokryvech. Rukopis ÚVÚRV, Praha 1966. — 104. SIROVÝ, V.: Výzkum jílových minerálů v půdách ČSSR a jejich vztahu k nejdůležitějším genetickým a agronomickým vlastnostem půd. Rukopis Informační zprávy za rok 1964—1966. ÚVÚRV, Praha 1967. — 105. SMECK, N. E., WILDING, L. P. HOLOWAYCHUK, N.: Genesis of Agrillic Horizons in Celina and Morley Soils of Western Ohio. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32, 4, Danville 1968. — 106. SOIL SURVEY STAFF 1960: Soil Classification. 7th Approximation. US Department of Agriculture, Washington 1960. — 107. SOILEAU, J. M., Mc. CRACKEN, R. J.: Free Iron Coloration in Certain Well-Drained Coastal Plain Soils in Relation to Their Other Properties and Classification, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 31, 2, Danville 1967. — 108. SOUCHIER, B., DUCHAUFOUR, Ph.: Stability of Clay Suspensions in Acid Medium. Soils and Fertil. 32, 4, Dorchester 1969. — 109. ŠÁLY, R.: Hlavné typy lesných pôd na Slovensku. Bratislava 1962. — 110. ŠÁLY, R.: Lesnícke pôdoznanectvo. TS VŠLD Zvolen 1973.

111. ŠÁLY, R., MIHÁLIK, A.: Ílové nerasty v lesných pôdách na Slovensku. Náuka o zemi V, Pedologica, 7, Vyd. SAV, Bratislava 1970. — 112. THORP, J., CADY, G., GAMBLE, E. E.: Genesis of Miami Silt Loam. Proc. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23, Danville 1959. — 113. THORP, J., STRONG, GAMBLE, E.: Experimentes in soil genesis. The Role of Leaching. Proc. Am. Soil. Sci. Soc., 21, 1, Danville 1957. — 114. UGGLA, H.: Gleboznawstwo leśne szczególowe. Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne, Warszawa 1965. — 115. WRIGHT, W. R., FOSS, J. E.: Movement of Silt-Sized Particles in Sand Columns. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32, 3, Danville 1968. — 116. ZONN, S. V.: O nekotorych organizacionnyh i naučno-metodičeskich voprosach dalnejšego razvitiija lesnogo počvovedenija. Počvovedenije, 12, Moskva 1965. — 117. ZONN, S. V.: Burozemoobrazovanie, pseudopodzolivanie i podzoloobrazovanie. Počvovedenije, 7, Moskva 1966. — 118. ZONN, S. V., NEČAJEVOVÁ, Je., G., SAPOŽNIKOV, A. P.: Processy psevodopodzolivania i lessivirovanija v lesnych počvach južnogo primorja. Počvovedenije, 7, Moskva 1969. — 119. ZÖTTL, H. W., KUSSMAUL, H.: Tonverlagerung in Lössböden unter Laubmischwald und Acker, An, edafol. y agrobiol., 26, 1—4. — 120. ŽIVKOVIČ, M.: Geneza i najvažnije tipske odlike gajnjača Srbije. Zemljište i bilka, 4, 1/3, Beograd 1967.

OPINIONS ON MECHANISM OF PARTIAL SOIL-FORMING PROCESS OF ILLIMERIZATION

During the last decades great attention has been paid to the processes which condition the structural differentiation of soil profiles. The collected experimental material originates from very different natural conditions and its interpretation has also been different. In such a way the group of soils with a different explanation of structural differentiation of the profile has been still increasing. The mentioned situation complicates orientation in this problem.

The existing knowledge, even if not taking into account the processes of periglacial conditions, makes possible to distinguish two basic ways of structural differentiation of soils:

1. by sprinkling of fine silts and microaggregates of clay
2. by illimerization, i. e. translocation of dispersed particles of clay.

The first way does not require dispersion. Therefore, it may exist in a wide span of actual reaction. Translocation takes place through thick pores, interspaces (between elementary particles) and cracks due to gravitation and percolation of gravitational water. It may be expressed by sprinkling on: 1. light-textured substrata, 2. medium and heavy-textured substrata.

The first form is conditioned only by size, shape and the amount of interspaces and translocated particles. In such a way especially fine silts are being displaced (2—10 μm). The creation of the accumulation zone is connected either with unfavourable changes in the geometry of interspaces or with their mosaic chocking.

The second form of sprinkling has been connected with the creation of cracks at drying and following percolation of soil by water. Under such conditions fine silts and microaggregates of clay may be translocated. The translocated material accumulates in the bottom parts of cracks up to „tongues“.

At the illimerization the translocation of especially dispersed particles of fine clay (< 0,2 μm) takes place. This fraction consists of clay minerals and a varied amount of amorphous mineral and organic substances, which are bound by the surface of crystalline clay.

Of clay minerals the easiest displacement is found at soil montmorillonite and at swelling and partly swelling mixed-layer structures. Illit and kaolinite eluviate very hardly but only in the case of well crystallized out particles. At worse crystallinity the dimensions of particles increase their hydrophilicity, dispersibility and by this way also their mobility.

Clay particles, in dependence upon conditions, may disperse either completely or after the removal of organo-mineral substances from the surface of crystalline clay. According to these two possibilities of dispersion and the following transport it is possible to distinguish two forms of illimerization.

The first form of illimerization, at which the clay particles translocate without affecting the coating of crystalline clay, in substance, represents the mechanical process. Therefore, we recommend to designate it as mechanical illimerization. It is almost entirely bound to uncompacted sedimentary rocks with the contents of clay and calcium carbonate. Mechanical illimerization on these substrata requires wash off of calcium carbonate, abundance of pores and conductive voids and also climatic conditions, at which drying takes place, as well as following percolation of soil by precipitation water. Dispersion proper of clay particles is connected with their quality and partly with the conditions of the surrounding environment. Besides the quality of their crystalline share, the quality and quantity of organomineral incrustations, as well as the quality of adsorbed cations are also significant. Negative influence on the mobilisation of clay particles has been found, for example, at thick Fe-hydroxide in-

crustations. On the other hand, the increased representation of humin substances in the material of amorphous coatings has a positive influence. Adsorbed cations influence the peptisation by creating a different electrokinetic potential. The increased concentration of salts and ions in the surrounding environment decreases the value of electrokinetic potential of adsorbed cations and by way also the dispersibility of clay.

The given regularities define favourable conditions for mechanical illimerization, namely from the lowering of the concentration Ca^{2+} ions to the occurrence of Al^{3+} ions in the soil solution. Under favourable conditions there also exist regularities in quality and quantity of mobilised clay.

At the translocation of peptisated clay most significant are the non-capillary conductive voids of quickly infiltrating water. Fine conductive voids and the motion of water films conditions elluviated part of the profile.

The creation of the illuvial horizon with characteristically orientated clay skins is connected with mechanical retain (by capillary forces and filtering off) of peptisated clay, densening and increasing the concentration of salts and ions in hydrosuspension.

The second form of illimerization is characterized by dissolution of amorphous coating of crystalline clay and the following separate displacement of these two components of clay particles. It is conditioned by soluble and pseudosoluble organic substances, which due to partial deterioration of biological activity in the A horizon penetrate into soil and create mobile complexes with components of clay particles. These translocate into the deeper layers of the profile where they decompose due to microbial activity. By this way the components of clay particles immobilise. Thus, mobilisation of clay represents a chemical and colloid-chemical process and immobilisation a microbiological process. Therefore, we recommend to designate this form as *chemico-biological illimerization*.

Chemico-biological illimerization is bound to acid and less aerated unconsolidated sedimentary rocks or to soils which have obtained similar properties during their development.

The mechanism of mobilisation of iron as a substantial component of amorphous coatings of clay particles, is known. It has been proved that also trivalent iron create mobile organo-mineral complexes. Mobilisation of clay minerals has not yet been rather explained. The present knowledge points out that in acidic environment organic substances, in the function of a protective colloid, peptisate more easily clay minerals with a larger density of the surface charge.

At transport of the components of clay particles into deeper layers of soil, due to the reduced permeability of the substrata, there increase the significance of conducting voids of smaller dimensions as well as of drying cracks.

Microbiological decomposition of organo-mineral complex of clay particles and by this way the creation of the illuvial horizon is concentrates into better aerated places. Therefore the Bt horizon irregularly enriched and in the vertical direction it has differences in the course of iron and crystalline clay.

Translated by: M. Šepetková

Франтишек Обр

ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НА МЕХАНИЗМ ЧАСТИЧНОГО ПОЧВОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИЛЛИМЕРИЗАЦИИ

В последних десятилетиях большое внимание уделяется процессам, обуславливающим текстуральную дифференциацию почвенных профилей. Обширные экспериментальные данные получены из местонахождений с весьма разнообразными природными условиями и тоже по

разному толкуются. Вследствии этого, все время увеличивается группа почв с резко выраженной текстуральной дифференциацией профиля. Такое положение вещей весьма усложняет ориентирование в области этой проблематики.

Существующие сведения, и даже если не принимать во внимание процессов перитглияциальных условий, позволяют выделить два основных способа текстуральной дифференциации профиля почв:

1. насыпкой частиц средней и мелкой пыли и микроагрегатов ила,
2. иллиммеризацией, то есть перемещением диспергированных илстых частиц.

Первый способ не требует диспергации. Поэтому может существовать в широких границах актуальной реакции. Перемещение происходит крупными нормами, промежуточными пространствами (между элементарными частицами) и трещинами под влиянием гравитации и вследствие просачивания гравитационной влаги. Может проявиться в виде насыпки на: 1. легких субстратах, 2. средних, но главным образом, тяжелых субстратах (по гранулометрическому составу).

Первая форма обусловлена исключительно только величиной, формой и количеством промежуточных пространств и перемещаемых частиц почвы. Таким образом перемещается преимущественно средняя и мелкая пыль (2—10 μm). Образование зоны накопления связано или с неблагоприятными изменениями геометрии промежуточных пространств, или с их мозаичным засариванием.

Вторая форма насыпки связана с образованием трещин при высушивании и с последующей промывкой почвы водой. При этом могут перемещаться средняя и мелкая пыль и микроагрегаты ила. Перемещаемый материал накапливается в нижней части трещин и «язычков».

В процессе иллиммеризации перемещаются в почве в направлении вниз, главным образом, диспергированные частицы тонкого ила (< 0,2 μm). Эта фракция состоит из глинистых минералов и большого количества разнообразных аморфных минеральных и органических веществ, связанных поверхностью кристаллического ила.

Из глинистых минералов легче всего перемещается почвенный монтмориллонит и набухающие и частично набухающие смешанно-слоистые минералы. Тяжело вымывается, например, иллит и каолинит, но только в том случае, когда это касается хорошо выкристаллизованных частиц. При худшей кристалличности уменьшаются размеры частиц, повышается их гидрофильность, способность диспергирования и тем самым их мобильность.

Частицы ила, в зависимости от условий, могут диспергировать в целом или после удаления органоминеральных веществ с поверхности кристаллического ила. Согласно этим двум возможным способам диспергации и последующего перемещения, можно выделить два вида иллиммеризации.

Первый вид иллиммеризации, при котором перемещаются илстые частицы без разрушения пленок на поверхности кристаллического ила, в основном является механическим процессом. Поэтому мы предлагаем обозначать ее как иллиммеризацию механическую. Она связана почти исключительно с рыхлыми осадочными горными породами с содержанием ила и карбоната кальция. Механическая иллиммеризация в этих субстратах требует вымывания карбоната кальция, необходимого количества пор и проводящих путей, а также климатических условий, при которых происходит высушивание и последующее промывание дождевой водой. Сама диспергация илстых частиц связана с одной стороны с их качеством, а с другой стороны с условиями окружающей среды. Кроме качества их кристаллической части, большое значение имеет и качество и количество органоминеральных инкрустаций, как и качество адсорбированных катионов. Отрицательное влияние на мобилизацию илстых частиц имеют, например, толстослойные Fe-гидроокисные инкрустации. Повышенное наличие гуминовых веществ в материале аморфных пленок действует в свою очередь благоприятно. Адсорбированные катионы влияют на пептизацию тем, что образуют разный электрокинетический потенциал. Повышенная концентрация солей и ионов в окружающей среде, снижают величину электрокинетического потенциала адсорбированных катионов, и вследствие этого и способность диспергирования ила.

Упомянутые закономерности выделяют благоприятные условия для механической иллимме-

ризации, а именно, начиная со снижением концентрации Ca^{2+} ионов до появления Al^{3+} ионов в почвенном растворе. В благоприятных условиях также закономерности, что касается качества и количества мобилизованного ила.

При перемещении пептизированного ила самое большое значение имеют некапиллярные и капиллярные проводящие пути быстро впитывающейся влаги. Тонкие проводящие пути и движение пленочной влаги обуславливает движение ила на небольшие расстояния, как в элювиальной, так и в иллювиальной части профиля.

Образование иллювиального горизонта, с характеристическими ориентированными пленками ила, связано с механическим задерживанием (капиллярными силами и отфильтрованием) пептизированного ила, сгущением и повышением концентрации солей и ионов в гидросуспензии.

Второй вид иллиммеризации характеризует растворение аморфных пленок кристаллического ила с последующим отдельным перемещением этих двух компонентов илстых частиц. Ее обуславливают растворимые и псевдорастворимые кислые органические вещества, которые вследствие частичного ухудшения биологической активности в горизонте А, вмяываются в почву и образуют подвижные комплексы с составными частями частиц ила. Они перемещаются в более глубокие слои профиля, а там, под влиянием действия микробов, подвергаются разложению. Таким образом составные части илстых частиц иммобилизируются. Мобилизация ила является, следовательно, процессом химическим и коллоидно-химическим, иммобилизация — микробиологическим. Поэтому этот вид мы предлагаем обозначить как иллиммеризацию химически-биологическую.

Химическо-биологическая иллиммеризация встречается в кислых и плохо аэрированных рыхлых осадочных горных породах, или в почвах, которые вследствие развития приобрели такие свойства.

Механизм мобилизации железа, как основного компонента аморфных пленок илстых частиц, известен. Было доказано, что и трехвалентное железо может образовать подвижные органоминеральные комплексы. Мобилизация глинистых минералов еще не вполне объяснена. Сведения, полученные до настоящего времени, указывают на то, что в кислой среде органические вещества, в функции защитного коллоида, легче пептизируют глинистые минералы с низкой обменной способностью.

При перемещении составных частей илстых частиц в более глубокие слои почвы, вследствие сниженной проницаемости субстратов, увеличивается значение проводящих путей небольших размеров, также как и трещин, образовавшихся при высыхании.

Микробиологическое разложение органоминеральных комплексов илстых частиц, а следовательно и образование иллювиального горизонта, сосредотачивается в лучше аэрированных местах. Поэтому Вt горизонт неравномерно обогащен, а в вертикальном направлении здесь наблюдается разница в распределении железа и кристаллического ила.

Перевод автора