

ЦРНОГОРСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ
ГЛАСНИК ОДЈЕЉЕЊА ПРИРОДНИХ НАУКА, 19, 2011.

ЧЕРНОГОРСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК И ИСКУССТВ
ГЛАСНИК ОТДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК, 19, 2011

THE MONTENEGRIN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
GLASNIK OF THE SECTION OF NATURAL SCIENCES, 19, 2011.

UDK 613.453
UDK 631.42

*Милутин А. Љешевић**, *Снежана Ненадовић***,
*Wieszlawa Ewa Krawczyk****

УПОРЕДНА АНАЛИЗА ДИСПЕРЗИЈЕ ЗАГАЂУЈУЋИХ СУПСТАНЦИ КРОЗ ЗЕМЉИШТА И НЕКОНСОЛИДОВАНЕ СТИЈЕНЕ¹

Сажетак

Проблем загађивања земљишта је најпроблематичнији облик деградације животне средине јер је оно дуготрајно, тешко се може деконтаминирати јер земљиште прими загађујуће супстанце у своју минералну и молекуларну структуру. За обим загађивања земљишта веома је значајна дисперзија загађујућих материја у њему. Обим дисперзије зависи од типа земљишта али и саме загађујуће материје. Наиме, сабијена земљишта као што су смонице, примају у себе мање страних тијела, док порозна земљишта примају велике количине страних течности и гасова. Вискозност, специфична тежина

* Environmental program manager, European Centre for Peace and Development, Established UN, Belgrad, Serbia

** Институт Винча, Лабораторија за материјале, Београд

*** Wieslawa Eva Krawczyk, adjunkt Laboratoria geochemii, Widyial Nauk o Ziemi, Uniwersitet Slaski, Katowice, Polska

¹ Истраживања су вршена у оквиру контролног експеримента докторске дисертације мр Снежане Ненадовић која је пријављена у оквиру Института за животну средину на Географском факултету у Београду под насловом: „Геопросторни фактори дисперзије загађујуће супстанце кроз земљишта”, чији је ментор Др Милутин Љешевић

и дисперзивност као и испарљивост загађујућих супстанци је такође значајан фактор дисперзије загађивача у порозним срединама какво је земљиште или грунт. Водни режим односно влажност те порозне средине је такође значајан фактор, јер засићеност водом спречава продирање загађујућих материја у њу уколико је та унесена течност лакша од воде.

Кључне ријечи: земљиште, порозна средина, контаминација, загађујуће супстанце, заштита земљишта, дисперзија загађивача

Abstract

Soil and unconsolidated rocks belong to the porous body in which the dispersion of pollutants carried liquids and gases in a specific way. It is certainly different from dispersion through the air or through water ecosystems. This difference is caused by the properties of porous body's adhesions their property condition to divert the movement of pollutants, slows down or retained. What will happen with liquids or gases pollutants depends on several factors. First, are the properties of porous environmental issue, then the properties of polluting substances? Depends on how to move polluting substances during their passage and the situation in which they will be found after some time. Set hypothesis is that different pollutants move through different porous media and to retain some protection of polluting substances occur when the soil as a filter for other substances and porous media do not stop or alter their properties.

Key words: soil, porous medium, pollutants, pollution, protection of soils, dispersion of pollutants

УВОД

Земљишта и неконсолидоване стијене спадају у порозна тијела у којима се одвија дисперзија загађујућих течности и гасова на специфичан начин. Она се свакако разликује од дисперзије кроз ваздух или кроз водене екосистеме. Та разлика је проузрокована својствима тих порозних тијела која својим адхезионим карактеристикама условљавају да се кретање загађујућих супстанци преусмјерава, успорава или задржава. Шта ће се дешавати са загађујућим течностима или гасовима зависи од више фактора. Најпре су у питању својства порозне средине, а потом својства загађујуће супстанце. Од тога зависи како ће се кретати загађујуће супстанце, вријеме њиховог пролас-

ка и стање у коме ће се наћи последице извјесног времена. Постављена хипотеза је да се различите загађујуће супстанце различито крећу кроз порозне средине и да неке средине задржавају загађујуће супстанце када се земљишта јављају као филтри.

Филтрација течности кроз порозне средине је способност пропуштања кроз одређени слој те порозне материје под утицајем силе теже или хидростатичког притиска. Брзина пропуштања течности кроз слој земљишта или грунта² зависи од гранулометријског састава и њихове порозности. Пјескови боље пропуштају течности него глине, а глиновита земљишта могу показивати добру пропустљивост уколико су испуцала. То је случај са монтморилонитским глинама које када је суша испуцају, а када је влажно вријеме набубре и затворе поре. Филтрација течности кроз порозно тијело се потчињава Дарсијевом закону. Под утицајем гравитације слободна течност се премјешта по дубини под разликом притиска Δh . Брзина филтрације (v) зависи од разлике притиска Δh (ако је разлика већа, брзина је већа), дужине пута филтрације l (што је краћи пут, то је брзина филтрације већа). Однос $\Delta h/l$ назива се хидраулички градијент. Када течност пролази кроз порозно тијело, ако нема отпора, кретање течности кроз порозну средину је ламинарно и потчињава се Дарсијевом закону.

$$Q = k \cdot \dot{H} \cdot i;$$

гдје је Q – количина филтриране течности у јединици времена; \dot{H} – површина попречног пресека протока течности, i – хидраулички градијент; k – константа која зависи од својстава порозног тијела (кофицијент филтрације), Ако је $i = l$, а површина пресека такође 1, тада ће бити $Q=k$.

1. МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА – ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА СРЕДИНА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА СРЕДСТВА

За истраживање су одабране следеће средине и локације:

1. Земљиште смонице (вертисол) у алувијалној равни ријеке Добраве у атару села Вукошић, општина Владимирци (западна Србија).

² Под „грунтом” подразумијевамо неконсолидоване растресите стијене, састављене од пијеска шљунка или дробине, или пак њихових комбинација односно мјешавина. Свакако да разлике у гранулометријском саставу грунтова проузрокују и различиту порозност. Нас је у овом случају интересовао грунт од пијеска, односно средина гдје су агрегати мањег дијаметра од 1 mm.

Површина је равна нагиб је између $1-2^{\circ}$, висина алувијалне равни изнад корита ријеке износи 2,8 m. Алувијална раван је у екстремним ситуацијама плављена. Поплаве се задржавају од неколико сати до неколико дана. Вријеме експеримената је одабрано тако да поплаве не могу мијењати својства експерименталних течности.

2. Земљиште типа чернозем у атару села Бачко Добро Поље у општини Врбас. Ово земљиште је на равни лесне терасе. Релативна висина изнад Бачког канала је око 7 m, а канал је удаљен око 2 km. Дубина подземних вода је 4,8 m, ниво подземних вода варира за 1,2 m.

3. Смеђе еутрично земљиште (еутрични камбисол)³ у атару села Милошевићи, општина Плужине у Црној Гори. Одабрана локација за експеримент се налази на падини нагиба 12° , југоисточне експозиције. Релативна висина изнад ријеке Врбнице је 18 m. Дубина подземних вода је на 16 m, а пиезометријски ниво подземне воде варира за око 0,8 m, што значи да подземне воде не могу утицати на водопропусност земљишта.⁴

4. Лесне наслаге у подручју лесног платоа у Земуну. Земљиште је са леса уклоњено техничким радњама тако да је лес директно изложен атмосферским падавинама. Релативна висина локације изнад Дунава је 22 m. Дубина подземних вода није позната али је процијењено да је већа од 15 m, па не може утицати на филтрациона својства леса (Безрук, 1977).

5. Пјесковите наслаге у атару села Тепачко поље код Жабљака у Црној Гори. Локација на којој је вршен експеримент је у подручју флувиоглацијалних пјескова на висини од 1400 m, па површинске воде немају никакав утицај на експеримент. Дубина локалне издани је већа од 30 m, па ни она не може утицати на кретање експерименталних течности кроз подлогу. Нагиб површине локације експеримента је 6° , а падина је окренута према југозападу (Љешевић, 1996).

За експерименте су коришћене следеће течности:

А. *Водени раствор натријум-флуоросцеина (уранина)*, хемијска супстанца ($C_{20}H_{10}O_5Na_2$) молекулске тежине 376,27 која се користи за бојење воде понора и утврђивање подземних веза. У праху је там-

³ У старијој литератури ово земљиште се означава као *гајњача* односно смеђе земљиште карактеристично за проријеђене храстове шуме и крчевине. По међународној класификацији се означава као *смеђе еутрично земљиште*.

⁴ О овим земљиштима детаљније је могуће више се информисати у: „Земљишта Црне Горе” аутора Б. Фуштића и Г. Ђуретића, БТИ, Подгорица.

ноноранцасте боје, а растворен у води даје флуоросцентну жуто-зелену боју. Нешкодљив је за људе и животиње. Најмања концентрација се може утврдити визуелно (1 грам на 40 m³ воде) а помоћу флуороскопа чак и у односу 1 грам на 10.000 m³ воде. Понекад се означава и као *уранин*. Пошто је за идентификацију често довољан визуелни преглед, то је за наше потребе коришћен само за бојење воде, да би се утврдило којом брзином се вода диспергује у овим порозним срединама. Ми смо користили раствор од 0,1 ppm овог раствора. Ипак смо за идентификацију користили флуороскоп јер се при кретању кроз порозне средине раствор мијешао са унутрашњом влагом, а такође је постојала могућност задржавања флуоросцеина у мембранама зрна или пак кроз адхезивну привлачност. Због мале концентрације уранина, може се сматрати да је специфична тежина овог раствора 1 g/cm³. Вискозност овог раствора на 20°C је на нивоу густине воде а то је 1 Pa·s.

В. Водени раствор натријум-хлорида (кухињске соли) је коришћен да би се утврдила дисперзност овог загађивача у земљиштима око путева јер се у току зиме путеви често посипају сољу како би се смањила поледица. Ми смо у нашем експерименту користили знатно већу концентрацију него код уранина, јер се со лако задржава на честицама земљишта или пијеска, или се пак неутралише другим хемикалијама. Често се со већ јавља у земљишту због капиларног уздицања из доњих слојева. За експеримент је узет 30% раствор натријум-хлорида. Вискозност овог раствора на температури од 20°C износи 3,68 Pa·s.

С. Дизел гориво D2 је коришћено због веће густине од претходне двије супстанце, али је неутрално у односу на природну средину јер његовим коришћењем не постоји бојазан да ће доћи до мијешања са неком супстанцом из природне средине порозног тијела. Вискозност D2 на 20°C износи 8,8 Pa·s.

Д. Моторно уље је највеће густине. Оно је употријебљено у експерименту јер у реалним условима често се налази поред путева, на улицама, па и на пољима јер долази до изливања моторног уља у земљиште из моторних возила и пољопривредних машина. Жељели смо да сагледамо како се оно диспергује у различитим порозним срединама. Вискозност моторног уља на 20°C износи 30 Pa·s.

Избор ових течности као индикатора је извршен због њихове различите густине, вискозности, дисперзивности, испарљивости и од-

носа према минералима који се налазе у подлози. Задатак који смо поставили је да се утврди којом брзином се крећу загађујуће течности у различитим порозним срединама, а у зависности од вискозности и густине течности. Ми се нијесмо бавили утицајем микроклиматских фактора које смо елиминисали избором времена. Елиминисали смо и утицај нагиба површине јер смо усмјерили загађујуће материје у вертикалном правцу. Такође смо елиминисали и утицај капиларног кретања подземних вода јер смо одабрали вријеме стагнације пијезометријског нивоа. Такође смо елиминисали и утицај атмосферских падавина јер смо изабрали вријеме без падавина од 45 дана. Дакле остало је само да се истражи однос порозности и минералног састава подлоге и врсте експерименталне течности. Тај задатак смо рјешавали елиминацијом свих других могућих утицаја на дисперзију загађујућих течности. За истраживање дисперзије загађујућих гасова у овим срединама нијесмо имали услове па смо се определијели за напријед наведене течности. Наш задатак је био да утврдимо којом брзином се крећу загађујуће течности кроз порозне средине под утицајем гравитације, хидростатичког притиска и под утицајем енергије кристалне решетке, односно енергије адхезије.

Макроскопска теорија дисперзионих сила спроведена је при $h \leq 10$ а у виду формуле:

$$\Pi_{\text{ж}}(h) = -\frac{h}{8\pi^2 h^3} \int_0^{\infty} \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)(\varepsilon_2 - \varepsilon_3)}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_3)(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)} d\xi = -\frac{A_{132}}{6\pi h^2}$$

гдје је h – Планкова константа, подијељена са 2π ; $\varepsilon(i\xi)$ – фреквентне зависности диелектричне пропустљивости средине, узето на имагинарној оси учесталости $i\xi$. Индекси 1, 2 и 3 односе се на равни 1 и 2 прослојку 3. Сила молекуларне привлачности површине се смањује са растом растојања блаже (као $1/h^3$) него сила дисперзионог привлачења сусједних молекула, пропорционалне $1/r^7$, што се објашњава „колективитетом” ефекта истовременог дејства многих молекула која чине кондензовано тијело. Унутрашња консолидација молекула представљена је инерционим силама честица које теже да задрже пређашње стање средине. Овдје су у питању како гравитационе силе тако и елктромагнетни фактори привлачења (Чураев, 1990).

У горњој једначини су повезане молекуларне силе са спектралним својствима међусобно дејствујућих тијела изражене функцијом $\varepsilon(i\xi)$.

Оваква веза је условљава да флукуационо електромагнетно поље формира са виртуелним фотонима са енергијама блиским са разликама енергетских нивоа атома и молекула, сагласно са спектралним својствима међусобно дјелујућих тијела. Константа A_{132} је једнака фреквенцији у оптичком и UV спектру, тј. ка електронском прелазу у атоме.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА СРЕДИНА

Одабране порозне подлоге репрезентују одређене средине у које се често упуштају загађујуће материје. Неке средине лако пропуштају загађујуће супстанце, друге их дјелимично задржавају, а треће у потпуности апсорбују мијењајући своја физичко-хемијска својства. Одабиром напријед наведених средина жељели смо да утврдимо како се поједине средине понашају на унос загађивача, како би се могле предузимати мјере деконтаминације, санације и заштите.

1. *Смонице (вертисоли)* су густа земљишта, црног смоластог изгледа, хоризонталне стратификације и порозности, са високим садржајем земљишне влаге. Однос воде и ваздуха у порама у нашем случају је био 90:10 %. Порозност овог земљишта је релативно мала јер су поре исушене у највећем обиму земљишном влагом. Земљишни профил смонице карактерише велика дебљина (А-хоризонт 60–120 cm). Црне је боје, полиедричне структуре. У доњем дијелу је призматичне структуре са оштрим ивицама сјајног прелома. У сувом стању се јављају дубоке пукотине, а у влажном стању представља црну сјајну уједначену пластичну масу. Спадају у најтежа земљишта у нас. У њима доминирају глине које чине 70-80%. Хумус се јавља у знатном обиму, али је он „пластификован” глиновитом компонентом. Имају малу филтрациону способност. Садржај глине и праха се креће од 45 до 60%. Има тежак гранулометријски састав. Одредили смо да доминирају честице дијаметра $<0,001$ mm, око 70%, а $<0,002$ око 35%. Измјерили смо густину од $1,8$ g/cm³, што га сврстава у веома густа земљишта. Са уласком воде у ово земљиште оно бубри и повећава запремину чиме се смањује водопрпусност и филтрација. Има висок ниво катјонске размјене (око 50 mg-ekv/100 g) што је последица високог садржаја монтморилонита. Јако је алкализован примјерак земљишта са високим садржајем калцијума и мање магнезијума, што упућује да је ово земљиште вјероватно развијено на доломичном кречњаку.

2. *Смеђе еутрично земљиште (еутрични камбисол)* је релативно растресита подлога. На профилу овог земљишта се јасно издвајају

оба генетска хоризонта. Хумусно-акумулативни хоризонт (А) је мркосмеђе боје веома растресит и мрвичасте структуре. В-хоризонт је смеђе боје. Има рогљасту структуру. Прелаз у С-хоризонт је углавном постепен. Земљиште је по механичком саставу теже од чернозема а лакше од смонице. Испитивано земљиште је развијено на лапорцима из серије горњекредног флиша. Кроз процес педогенезе хидролизом је дошло до ослобађања сесквиоксида алуминијума и гвожђа и SiO_2 . Садржај глине и праха се креће од 49,00 до 63,90 %, а порозност око 53%, а нарочито у горњем слоју па има добру водопропусност од око 150 mm/s, а брзину филтрације од око 0,015 mm/s. Има висок алкални капацитет од око 35 mg-ekv/100 g. На овој локацији је реакција углавном неутрална до слабо кисјела

3. *Чернозем* је земљиште равних и ливадских степа. Настаје у условима недостатка атмосферске влаге. Профил који смо испитивали се карактерише дебелим акумулативним хоризонтом мркосмеђе боје, који је обогаћен хумусом (око 10%), као резултат разлагања сезонских биљака. Има изразиту слојевиту текстуру и неутралну до слабо кисјелу реакцију. Горњи хоризонт има дебљину око 120 cm. Са оштрим је прелазом према матичној подлози од леса. Има мрвичасту структуру која му чини физичке особине повољним за дисперзију течности у њима, поготову што је у највећем дијелу ово земљиште у порама обезбијеђено ваздухом. Благодарећи структури и текстури, чернозем је растресит и има велику порозност и водопропусност. Густина горњих хоризоната је 1-1,2 g/cm³, порозност је око 50%, водопропусност 200 mm/h. Брзина филтрације износи око 0,002 cm/s. Имају повећан садржај калцијум-карбоната, а минерали глине су из групе илита а мање монтморилонита.

4. *Лес* је фини еолски нанос жућкасте боје, велике порозности, хомогеног гранулометријског састава у којем доминирају честице дијаметра 0,02-0,2 и више mm (70%). Садржи до 30% CaCO_3 . Од секундарних минерала доминира минерал глине илит. Лас је наталожен еолском акумулацијом, што има за посљедицу вертикалу цјепљивост и одроњавање по вертикалним разломима. То указује да је у њему доминантна и вертикална порозност. Порозност у лесу је увећана коријењем биљака. Лес је дебео и више метара. На њему се образују различита земљишта али је најчешћи чернозем. Због присуства значајне количине карбоната и због порозности, на лесу се формира специфичан лесни карст (Сергеев, 1977).

5. Ситни флувиоглацијални пијесак је настао преталожавањем глацијалних наноса које је донио дурмиторски ледник. Сортирањем је издвојена најситнија фракција просјечног дијаметра од 1 до 2 mm, са спорадичним комадима и до 10 mm. Овај пијесак је углавном карбонатног састава што је последица матичних стијена од којих је ледник откидао моренски материјал и наталожио око Жабљака и Црног језера. Подледнички поток је у оквиру зандровске равнице у последњој фази наталожио поменуте пијескове моћности и преко 10 m. Испод њих је погребени карст, са веома дубоком разбијеном издани. Ова порозност и миграција течности у њој умногоме зависи од гранулометријског састава пијеска. У нашем случају се ради о пијеску чија је доминантна гранулација већа од 2 mm.

3. ГРАНУЛОМЕТРИЈСКИ САСТАВ КАО ФАКТОР ДИСПЕРЗИЈЕ ЗАГАЂУЈУЋИХ ТЕЧНОСТИ У ПОРОЗНОЈ СРЕДИНИ

Сигурно је да гранулометријски састав, односно текстура и структура и утичу на брзину, правац и интензитет дисперзије за-

Таб. 1. Гранулометријски састав одабраних узорака (у %)
Tab.1. Pparticle size composition of selected samples (in %).

Средина Medium	Хоризонт Horizon	Дубина cm Depth	>0,2 mm – крупни пијесак – coarse sand	0,2 – 0,02 mm% ситни пијесак – small sand	Праш – Silt 0,02 – 0,002 mm	Глина – clay <0,002 mm	Укупни пијесак Total sand	Праш+глина Silt + clay
Смоница spolnitza	A	0-60	2,00	26,02	26,00	46,02	28,02	72,02
	A(B)	60-80	2,02	26,10	25,30	46,58	28,12	71,88
	B(C)	100-120	1,60	27,60	24,00	46,80	29,20	70,80
	C	120-180	0,40	26,28	25,20	48,52	26,68	73,32
Чернозем tzernozern	A	0-70	0,05	49,20	27,50	23,25	49,25	50,75
	AC	70-95	0,02	45,02	25,45	29,51	45,04	54,96
	C	95-140	0,05	46,10	24,20	29,65	46,15	53,85
Смеђе еутрично – Eutric cambisol	A ₀	0-10	0,45	36,74	41,32	21,59	37,19	62,81
	A ₂	10-35	0,60	40,40	22,70	36,30	41,00	59,0
	(B)	35-75	0,35	49,65	20,40	29,60	50,00	50,00
	C	75-120	3,10	33,00	40,00	23,90	36,10	63,90
Лес löes	C	25,00	25,00	45,00	30,0	–	70,00	30,00
	C ₁	200,0	19,00	31,00	50,00	–	50,00	50,00
Пијесак sand	C	300,0	100	–	–	–	100	–

гађујућих (и других) течности у порозним срединама. Наша мјерења и анализе показују да је веома различит гранулометријски састав порозних средина одабраних узорака.

Као што се из претходне табеле види, највећу гранулометријску порозност, односно најкрупнија зрна имају пјескови, затим лес, а најмању имају смонице. У смоницама доминирају глине, а код пијеска фракције гранулометријског састава већег од 0,2 mm. То значи да су и поре између зрна најмање код смоница а највеће код пијеска. Због плочастих минерала лискуна у смоницама који су наталожени гидрогено и хоризонтално поре су такође хоризонталне, код леса и пијеска су вертикалне.

4. КОНСТАТОВАНИ ТИПОВИ ПОРОЗНОСТИ

Ових пет типова порозних средина је управо одабрано да би се утврдила брзина филтрације односно пропустљивости у функцији порозности. Код једнородних система какво је земљиште или грунт филтрациона својства се утврђују на основу капиларних модела. На бази наших анализа констатовали смо сљедеће типове порозности:

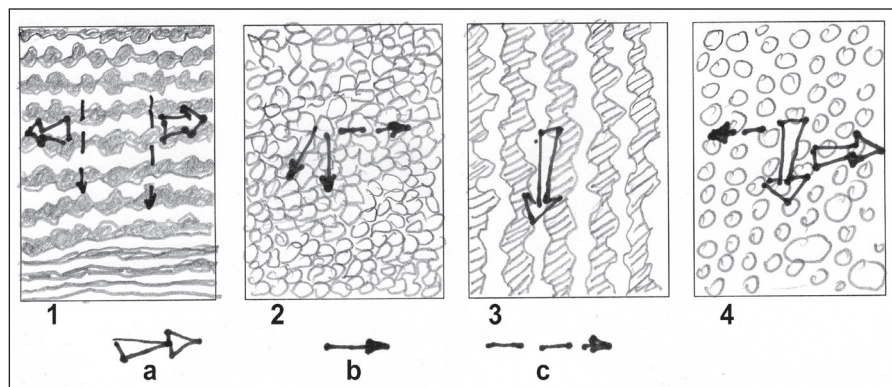
а. Случај *бипорозних структура* (код пијеска, гајњаче и чернозема), гдје је порозност вишестрана а доминирају вертикална и хоризонтална порозност, што значи да се експерименталне течности могу кретати под силом гравитације, али и и под утицаје хидростатичког притиска. Разлика међу ова три типа бипорозности је у чињеници да у пијеску постоји доминантна гравитациона увећана порозност гдје су од значаја два типа дијаметара пора: унутар честица и у просторима између њих. Код чернозема је доминантна гравитациона, али је значајна и хоризонтална и вишестрана порозност, при чему је капиларност најизраженија. Овдје је у ствари присутан обрнути тип. Поре су доминантне, а простор између њих попуњавају честице праха или органске честице хумуса или недовољно хумификоване органике. Код гајњача због доста глине у њима доминира капиларна порозност у свим правцима. Ово земљиште је састављено од чврстих сферичних честица, размјештених хаотично или у одређеном реду у оквиру порозног тијела.

б. Случај *монопорозне структуре* (код леса) гдје доминирају *вертикалне поре* (лес показује и вертикалну цјепљивост). Овдје је од значаја разлика у пора гдје се јављају проширења и сужења. Сужења често изазивају скраме од карбоната која се нахвата по зидовима пора.

с. Случај *монопорозне структуре* (код смонице) гдје су доминантне (или једине) *хоризонталне поре* малих капиларних димензија, код којих доминирају хидростатички притисак и молекуларне силе привлачења молекула течности. Тракаста слојевитост је последица таложења земљишта у воденим условима.

Апсорпција, филтрација и пропуштање течности кроз земљишта и грунтове зависи и од њихове апсорпционе способности. Овдје разликујемо сљедеће типове апсорпционих способности:

Механичка способност упијања течности је вазана за порозност средине и изражена је кроз способност задржавања колиодних честица из раствора при филтрацији течности. При томе се не задржавају само честице које су дијаметра већег од пора већ и ситније ако западну у сужења или у кривине пора. Тиме се умањује њена филтрациона способност, нарочито када су у питању гушће и вискозније течности (у нашем случају је у питању моторно уље).



Ск. 1. Типови порозности и дисперзни правци кретања течности. 1. Смоница; 2. Чернозем и гајњача, 3. Лес; 4. Пијесак. а, б, с. Правци дисперзије: а – доминантни правац, в – секундарни правац, с – условни правац

Fig.1. Types of porosity and dispersion directions of movement of liquid. 1. Smolnitza; 2. Chernozem and eutric cambisolsl, 3 Lős; 4. Sand. a, b, c.: Directions dispersion: a-dominant direction, b – a secondary route, c. the – conditional direction

Физичка апспрпциона способност је везана за доступност слободне енергије на површини контакта молекула течности и порозне средине и појаве површинског напона. То доводи до привлачења

честица и молекула са супротним електричним набојем, што доводи до смањења проточности пора.

Физичко-хемијска апсорпциона способност или способност размјене настаје у условима када порозна средина под утицајем импортоване течности мијења своја хемијска, физичка и механичка својства. Тако на примјер под утицајем неких унесених течности минерали глине, у нашем случају код смонице минерали монтморилонита, мијењају своја својства (више код раствора флуоросцеина а мање код раствора натријум-хлорида) и бубре, што доводи до затварања пора. Са друге стране долази до измјене јонског састава што се такође одражава на пропусност те средине.

Хемијска апсорпциона способност се изражава упијањем растворених супстанци из раствора. У нашем случају ту је најизратитији примјер раствора натријум-хлорида, који упијају честице порозне средине уграђујући га у своју структуру.

5. РЕЗУЛТАТ ИСТРАЖИВАЊА

Очекиване су разлике у пропусности и филтрирању одабраних експерименталних течности. Наш је задатак био да утврдимо како се те течности понашају у одабраним срединама, који дио њих се апсорбује, како се крећу и како се евентуално може вршити деконтаминација загађујућих течности у порозним срединама.

Коефицијент филтрације у пијеску k је емпиријски показатељ и представља линеарну зависност између брзине филтрације v хидрауличног градијента i . При условима ламинарног протока $v = k \cdot i$, из чега слиједи $k = v/i$. Ако је градијент $i = 1$, коефицијент филтрације течности у пијеску или шљунковима ће бити једнак брзини филтрације. За одређивање коефицијента филтрације се користи филтрациони цилиндар. У цилиндар се смјешта земљиште, пијесак или лес (или друго порозно тијело) на горњи дио цилиндра се улијева течност и мјери вријеме за које она доспије на дно цилиндра. Послије мјерења се израчунава коефицијент филтрације по формули:

$$k_{20} = \frac{Q \cdot 864}{T \cdot F \cdot i \cdot r}, m/dan$$

гдје је k_{20} – *коефицијент филтрације* на температури од 20°C; Q – проток воде у cm^3 . T – *вријеме филтрације воде* s; F – површина по-

пречног пресека цилиндра (40 cm^2); – хидраулични градијент. R – температурна поправка ($0,7 + 0,03 t^{\circ}\text{C}$) гдје је $t^{\circ}\text{C}$ – температура течности у вријеме вршења експеримента); 864 – преносни коефицијент (из cm/s или у m/дан). Коефицијент филтрације k_{20} се изражава у цијелим бројевима ако је вриједност већа од 5 m/дан , а са тачношћу једног десетог дијела ако је мањи.

Таб. 2. Пропусност експерименталних средина у природним условима (вријеме осматрања 15 дана у сушном периоду године)

Tab.2. Throughput experimental environment in natural conditions (time of observation 15 days in the dry period of the year)

течности → локације ↓	А	В	С	Д
смоница	65 mm/h	45 mm/h	32 mm/h	5 mm/h
гајњача	180 mm/h	122 mm/h	110 mm/h	12 mm/h
чернозем	200 mm/h	180 mm/h	120mm/h	20 mm/h
лес	800 mm/h	650 mm/h	320 mm/h	125 mm/h
ситни пијесак	2.000mm/h	1.780mm/h	1220 mm/h	750 mm/h

Филтрација загађујућих течности кроз порозне средине (земљиште и грунт) се одвија на различите начине што значи да је различита и контаминација тих средина. Те разлике се састоје у сљедећем.

1. Различита густина и вискозност условљава и различиту дисперзивност кроз порозне средине. Вискозније течности спорије продиру кроз порозне средине. Вискозније течности, иако мање специфичне тежине, имају макромолекуле склоне везивању за честице порозне средине јер имају веће молекуларне силе у себи, па их сила адхезије дуже задржава.

2. Различите порозности: вертикална (лес), хоризонтална (смоница), мјешовита ситна (еутрични камбисол), мјешовита средња (чернозем) и крупна (пијесак) свака на свој начин условљава оријентацију кретања течности кроз те средине.

6. ДИСКУСИЈА

Нашим истраживањима констатовали смо да при уносу загађујућих течности, густине воденог раствора, алкохола или бензина долази до брзог продирања у порозна тијела. Код загађујућих течности типа уље, мазут или густе течности филтрирање иде спорије па је лакша деконтаминација и уклањање тих течности из земљишта

и могућа је послије једног дана од упуштања тих загађујућих течности. Бензини и други лакши нафтни деривати, као и благи водени раствори кисјелина и база морају се уклањати са загађеним земљиштем већ са првим сатом по загађивању.

Показало се да је коефицијент филтрације зависан од позорности тијела кроз које се филтрира течност. Филтрациони вектори су различити како за различите течности тако и за различите порозне средине. Наиме, показало се да је филтрација доминантно усмјерена вертикално за мало вискозне течности и веома порозне средине.

Даља истраживања треба усмјерити на утицај климатских фактора (са хлађењем се повећава вискозност, а падавине разблажују неке растворе). Треба детаљније изучити однос молекуларних сила колоида и течности које доспијевају у порозне средине. Треба експериментално утврдити однос привлачних сила у порозним срединама и сила у самој течности, као и процесе размјене молекула и јона између течности и честица порозне средине.

У нашим истраживањима смо елиминисали утицај земљишне влаге, односно водно-ваздушног режима у земљишту или неконсолидованим стијенама. Сигурно је да присуство воде у земљишним порама спречава продирање загађујућих течности и то оних које су лакше од воде (дизел гориво и моторно уље). Са друге стране, значајан је утицај и тип глиновите компоненте у земљишту, јер монтморилонитне глине у сушном периоду године смање запремину па оне испуцају, тако да течности лакше продиру у дубље дјелове, док у влажном дијелу године глине набубре и повећају запремину, чиме је практично онемогућена дисперзија течности у њима.

Литература

- [1] Антић М., Јовић Н., Авдаловић В., (1990): *Педологија*, Научна књига, Београд.
- [2] Безрук М.В. (1977): *Геологија и грунтоведение*, Издат. Недра, Москва, стр. 3-249.
- [3] Ђирић М., (1984): *Педологија*, Свјетлост, Сарајево.
- [4] Фуштић Б., Ђуретић Г., (2000): *Земљишта Црне Горе*, Биотехнички институт, Подгорица.
- [5] Јаковљевић М., Пантовић М., (1991): *Хемија земљишта и вода*, Пољопривредни факултет Београд.
- [6] Кrawczyk E.W. (1990): *Hydrochemia*, Wydaw. Iniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- [7] Љешевић А.М., (2003): *Geografija zemljišta*, Filozofski fakultet Nikšić.

-
- [8] Љешевић А.М. (2005): *Животна средина села и ненастањених подручја (Рурална екологија)*, Географски факултет Београд.
- [9] Љешевић М.: (1996): *Монографија "Природа националног парка Дурмитор"* Издавачи: Географски факултет Београд, Посебна издања бр. 8. ЦАНУ-Подгорица и НП „Дурмитор” Жабљак стр. 356, Београд.
- [10] Сергеев Е.М. (1973): *Грунтоведение*, Издателство МГУ, Москва, стр 1-386.
- [11] Чураев В.Н. (1990): *Физико-хемија процесов маспереноса в пористых телах*, Химия, Москва.

