

JOZEF KRCHO — JURAJ HAJDÚK

PRIEMYSELNÉ EXHALÁTY A BILANCIA IMISIÍ
V PRÍRODNEJ ČASTI GEOSFÉRY
AKO KYBERNETICKOM SYSTÉME

Jozef Krcho — Juraj Hajdúk: Industrielle Exhalate als Bestandteil des natürlichen Teiles der Geosphäre, die als ein kybernetisches System betrachtet wird und die Bilanz der Immissionen in diesem System. Geografický časopis, Bratislava 1972, XXIV, 4; 9 Abb., 27 zit. Lit.

Die Arbeit befasst sich mit der Stellung der industriellen Exhalate in der geographischen Sphäre, die als ein kybernetisches System S_G betrachtet wird, welches aus zwei autonomen Subsystemen besteht: S_{AG} — Antroposphäre, S_{FG} — der natürliche Teil der geographischen Sphäre. Industrielle Exhalate entstehen als eine der Interaktionen der Subsysteme S_{AG} und S_{FG} und stellen eine Störung für das System S_{FG} dar. Entsprechend den Zuständen durch welche die Exhalate (Ex) durchgehen, sind sie in Emissionen E , Transmissionen T und Immissionen I geteilt. Selbständig studiert, können sie als ein selbständiges System S_{Ex} , das aus 3 Subsystemen S_E , S_T S_I besteht, betrachtet werden. Die Bilanz der Immissionen ist im System S_{FG} mit Hilfe der Bilanzgleichung ausgedrückt.

1. ÚVOD

V práci sa budeme zaoberať priemyselnými exhalátmi a ich postavením vo fyzicko-geografickej sfére. Všimneme si dislokáciu a bilanciu imisií a zákonitostí, ktorými sa riadia. Exhaláty budeme ponímať ako súčasť geosféry a ako jeden z výsledkov interakcie: prírodná časť geosféry — antroposféra. Ťažisko práce vkladáme do riešenia postavenia exhalátov v prírodnej časti geografickej sféry, pričom sa v konečnom dôsledku zaoberáme dislokáciou a bilanciou imisií z hľadiska teórie systémov.

2. GEOSFÉRA AKO PRIESTOROVO ORGANIZOVANÝ KYBERNETICKÝ SYSTÉM
A EXHALÁTY PONÍMANÉ AKO JEJ SÚČASŤ

Exhaláty vôbec chápeme ako súčasť geosféry. V práci však budeme mať na mysli len priemyselné exhaláty — exhaláty vytvorené človekom.

Priemyselné exhaláty z hľadiska komplexného vplyvu na celkové životné prostredie človeka je potrebné chápať ako súčasť tohoto prostredia a z tohoto hľadiska ich aj riešiť. Pôsobenie exhalátov na jednotlivé zložky prírodnej časti geografickej sféry a ich priesto-

rová diferenciácia je zložitá a podmieňuje časovú a priestorovú zmenu stavov prírodnej časti geostéry často paradoxne. Mnohokrát sa napr. stretávame s prípadmi, keď zmeny a intoxikácia vegetácie a pôdy ako subsystémov systému S_{FG} nie je adekvátna namieraným koncentraciám znečistením v prízemných vrstvách ovzdušia. Aj pri malých hodnotách spadú dochádza na niektorých lokalitách k takej intoxikácii prostredia ako pri vysokých hodnotách. Okolo niektorých exhalančných zdrojov i vo väčších vzdialenostiach, kde spad a koncentrácia v ovzduší nedosahujú vysoké hodnoty, pozorujeme predsunuté plochy rôznej veľkosti s takým stupňom poškodenia vegetácie ako na miestach s vysokými koncentraciami, bližšie k exhalančnému zdroju. Z toho vyplýva, že o stupni toxicity okrem koncentrácie v prízemných vrstvách ovzdušia rozhodujú aj iné hodnoty, ktoré je potrebné vyjadriť, lebo za určitých špecifických podmienok môže exhalančný zdroj aj s malou kapacitou emisií veľmi negatívne ovplyvniť povrch pôdy, vegetácie, živočíchov, vody a objektov ako prvkov obidvoch komplexov. Preto výskum by sa mal uberať cestou štúdia priemyselných znečistenín ako dynamického systému, v ktorom kontinuálne a diskontinuálne funguje niekoľko subsystémov. Doteraz sa najviac skúmal subsystém, ktorý priamo pôsobí po opustení exhalančného zdroja na citlivé orgány živočíchov a na asimilačné orgány rastlín. Je však potrebné problém skúmať a riešiť komplexne. To je možné tak, že uvažujeme exhaláty a geografickú sféru ako jeden komplex.

V tomto príspevku sme sa pokúsili o hrubé vyjadrenie stavu imisií na určitej ploche pomocou dislokácie imisií vo fyzickogeografickom komplexe a pomocou bilančnej rovnice. Pri práci nám pomohli výsledky fytoecologického výskumu a výskumu dislokácie imisií autorov prác [4, 5, 6, 7, 11, 18, 21, 24, 25, 26]. Na ich základe sme mohli spätne skúmať a overovať predpokladaný stav imisií a určité rozporné výsledky medzi spadom a spôsobenými škodami. Ak však problém študujeme komplexne, t. j. exhaláty ako súčasť prírodnej časti geografickej sféry, potom je možné tieto zmeny, ich priestorové rozloženie a pôsobenie na komplex chápať v rámci tohoto celku.

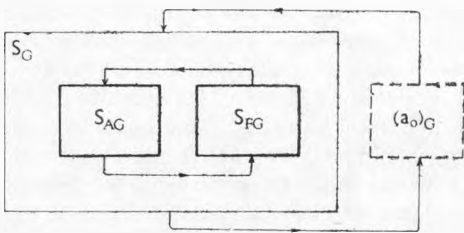
2.1. *Geografická sféra ako kybernetický systém S_G a jeho priestorová organizácia.* Aby sme teda mohli posúdiť miesto a význam priemyselných exhalátov v geografickej sfére, charakterizujeme ju ako kybernetický systém vyjadrený v zmysle prác [12, 13] a všimnime si z hľadiska zamerania tejto práce najzákladnejšie princípy jej priestorovej diferenciácie. Umožní nám to chápať vplyv exhalátov na prírodný komplex ako celok a vyjadriť časovú a priestorovú zmenu jeho stavov v dôsledku pôsobenia exhalátov naň.

Geografickú sféru budeme v zmysle prác [12, 13] ponímať ako hmotný systém

$$S_G = \{S_{AG}, S_{FG}\} \quad (2.1.1)$$

skladajúci sa z dvoch autonómnych subsystémov S_{AG} , S_{FG} , kde subsystém S_{AG} je antroposféra a subsystém S_{FG} je prírodná časť geosféry. Tieto subsystémy sú v interakcii (obr. 1). Autonómne subsystémy S_{AG} , S_{FG} možno pri bližšom štúdiu ponímať ako samostatné systémy. Ak študujeme antroposféru ako samostatný systém S_{AG} , potom subsystém S_{FG} patrí do okolia $(a_0)_{AG}$ systému S_{AG} (obr. 2a). Ak študujeme prírodnú časť geosféry ako samostatný systém S_{FG} , potom antroposféra patrí do jej okolia (obr. 2b). Okolie $(a_0)_{AG}$ systému S_{AG} a okolie $(a_0)_{FG}$ systému S_{FG} ponímame v zmysle prác [12, 13]. Pod okolím systému teda rozumieme všetky tie prvky a závislosti medzi nimi, ktoré sú síce so systémom v interakcii, ale ktoré nezahrňujeme do tohoto systému.

Interakcia antroposféry S_{AG} s prírodnou časťou geosféry má polydimenzionálny charakter. Priemyselné exhaláty možno chápať ako jednu z mnohých stránok interakcie



Obr. 1. Geografická sféra ako kybernetický systém S_G , skladajúci sa z dvoch autonómnych subsystémov: zo subsystému S_{FG} — prírodnej časti geografickej sféry a zo subsystému S_{AG} — antroposféry. Subsystémy S_{FG} a S_{AG} sú v interakcii.

človek — prírodný komplex. Pretože antroposféra a prírodná časť geosféry sú priestorovo diferencované celky, potom i interakcia oboch komplexov vykazuje tak isto priestorovú diferenciaciu.

Keďže predmetom našej práce je dislokácia a bilancia imisií v prírodnej časti geosféry, pričom priemyselné exhaláty ponímame ako jeden z výsledkov interakcie subsystémov S_{AG} , S_{FG} , všimnime si v zmysle prác [12, 13] bližšie subsystém S_{FG} ako samostatný systém. Subsystém S_{FG} budeme teda uvažovať ako samostatný systém

$$S_{FG} = \{G_{FG}, R_{FG}\}, \quad (2.1.2)$$

takže subsystém S_{AG} patrí do okolia subsystému S_{FG} , t. j.

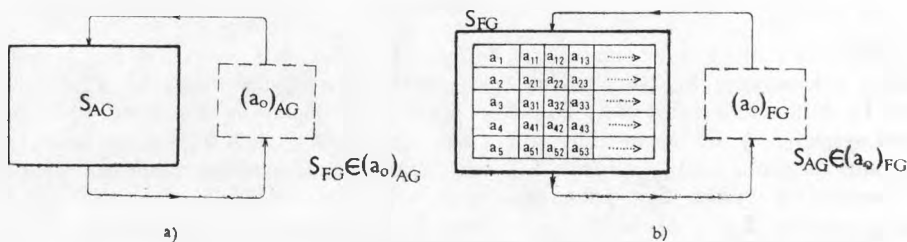
$$S_{AG} \in (a_0)_{FG}$$

(obr. 2b).

Vo vzťahu (2.1.2) symbol

$$G_{FG} = \{a_k\} \quad (2.1.3)$$

je množina hmotných prvkov, z ktorých sa systém S_{FG} skladá ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) a symbol R_{FG} je v zmysle prác [12, 13] množina závislostí jednak medzi prvkami systému S_{FG} a jednak medzi systémom S_{FG} a jeho $(a_0)_{FG}$. Uvažované na najnižšej rozlišovacej úrovni, množinu (2.1.3) pre $k = 1, 2, 3, 4, 5$ tvoria prvky: a_1 — atmosféra, a_2 — hydrosféra, a_3 — litosféra, a_4 — pedosféra, a_5 — biosféra (okrem človeka). Priestorovú diferenciaciu prvkov a_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) v systéme S_{FG} nemožno však na tejto rozlišovacej úrovni vyjadriť.



Obr. 2. Autonómne subsystémy S_{FG} a S_{AG} uvažované ako samostatné systémy. Ak študujeme subsystém S_{AG} ako samostatný systém, potom subsystém S_{FG} patrí do jeho okolia, t. j. $S_{FG} \in (a_0)_{AG}$. Ak študujeme subsystém S_{FG} ako samostatný systém, potom subsystém S_{AG} patrí do jeho okolia, t. j. $S_{AG} \in (a_0)_{FG}$.

Pri zvýšení rozlišovacej úrovne možno každý prvok a_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) množiny (2. 1. 3) uvažovať ako samostatnú množinu

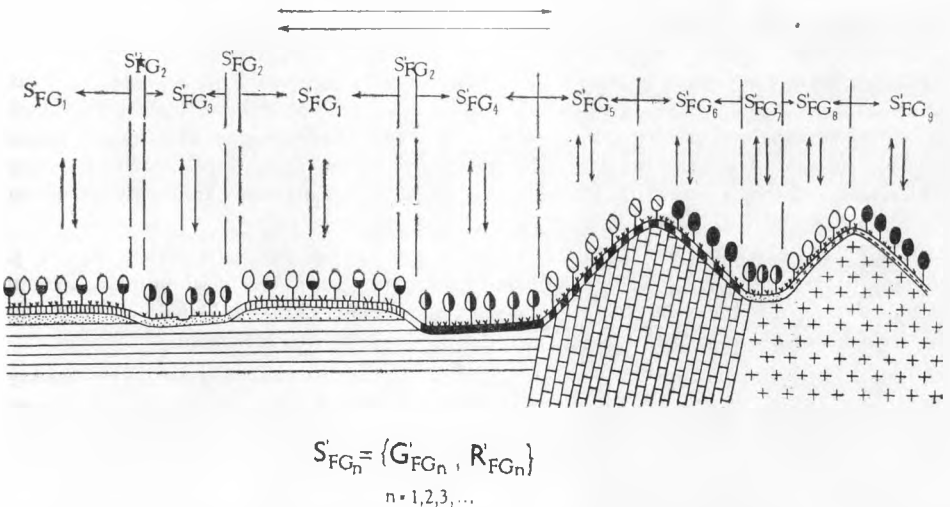
$$a_k = a_{k1}, a_{k2}, a_{k3}, \dots, a_{kn_k} \quad (2. 1. 4)$$

skladajúcu sa z ďalších prvkov a_{kn_k} (kde $k = 1, 2, 3, 4, 5$; $n = 1, 2, 3, \dots$). Prvky a_{kn_k} množiny (2. 1. 4) vyjadrujú pre jednotlivé hodnoty $k = 1, 2, 3, 4, 5$ skladbu jednotlivých komponentov a_k (2. 1. 3) prír. časti geosféry. Jednotlivé komponenty prír. časti geosféry uvažované ako prvky systému S_{FG} rozlíšené pomocou množiny (2. 1. 4) nie sú zastúpené v priestore v rovnakom zložení, v dôsledku čoho sa systém S_{FG} priestorovo diferencuje. Uvažované v priestore hovoríme, že základné prvky a_k sú priestorovo modifikované, pričom práve táto modifikácia spôsobuje priestorovú diferenciaciu systému S_{FG} . Modifikované komponenty v priestore označme a'_k . Modifikáciu komponentov a_k na komponenty a'_k možno v zmysle prác [12, 13] vyjadriť pomocou matíc, a tak isto pomocou matíc možno opísať priestorovú diferenciaciu systému S_{FG} na jednotlivé subsystémy S'_{FGn} ($n = 1, 2, 3, \dots$). Týmto problémom sa však z hľadiska zamerania našej práce teraz nezaobráme. Uvedme iba, že priestorovo diferencovaný systém S_{FG} sa skladá z množiny subsystémov

$$S'_{FGn} = \{G'_{FGn}, R'_{FGn}\} \quad (2. 1. 5)$$

($n = 1, 2, 3, \dots$), kde G'_{FGn} je množina modifikovaných prvkov a'_k pre každý subsystém S'_{FGn} , a R'_{FGn} je množina závislostí medzi týmito prvkami.

V zmysle práce [20] vo fyzikogeografickom komplexe existujú vzťahy vertikálne (tzv. interrelations) a vzťahy horizontálne (interconnections). V tomto zmysle môžeme hovoriť, že súčasne existujú tu dva druhy prenosu informácie: horizontálny a vertikálny



Obr. 3. Priestorová diferenciacia systému S_{FG} na jednotlivé priestorové subsystémy S'_{FGn} ($n = 1, 2, 3, \dots$). Na obrázku je súčasne znázornený pomocou šípok vertikálny a horizontálny prenos informácie v systéme S_{FG} .

prenos informácie (obr. 3). Tento prenos je veľmi dôležitý z hľadiska dislokácie a bilancie imisií. Vertikálny prenos informácie sa deje na jednom mieste medzi jednotlivými prvkami \mathbf{G}'_{FGn} v každom jednom subsystéme \mathbf{S}'_{FGn} , horizontálny prenos informácie sa deje medzi jednotlivými subsystémami \mathbf{S}'_{FGn} (obr. 3).

Ako jeden zo základných prenosov horizontálneho i vertikálneho toku informácie v systéme \mathbf{S}_{FG} sú i z hľadiska všetkých druhov exhalátov cirkulačné systémy v atmosfére (a_1) a v hydrosfére (a_2). Okrem uvedených prvkov a_1, a_2 deje sa však horizontálny a vertikálny prenos informácie aj v prvkoch a_3, a_4, a_5 systému \mathbf{S}_{FG} .

Mieru priestorovej organizácie systému \mathbf{S}_{FG} na jednotlivé subsystémy \mathbf{S}'_{FGn} možno vyjadriť pomocou priestorovej negentropie [12].

Pre úplnosť je potrebné poznamenať, že vzhľadom na to, že medzi jednotlivými prvkami množiny (2.1.4) existujú pre každé jednotlivé $-k-$ rôzne vzťahy a závislosti, každý prvok z pôvodných prvkov a_k uvažovaný na vyššej rozlišovacej úrovni ako množina (2.1.4) môžeme považovať za subsystém

$$\mathbf{S}a_k = \{\mathbf{G}a_k, \mathbf{R}a_k\}, \quad (2.1.6)$$

kde $\mathbf{G}a_k = \{a_{knk}\}$

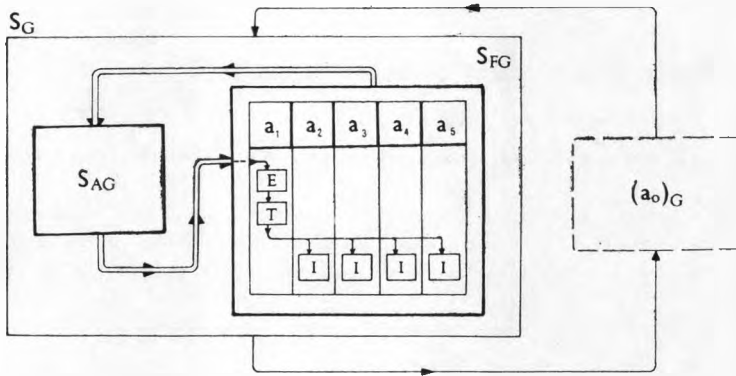
je množina prvkov tvoriacich pre každé k tento subsystém a $\mathbf{R}a_k$ je množina závislostí a vzťahov medzi týmito prvkami. Subsystémy $\mathbf{S}a_k$ pre každé $k=1, 2, 3, 4, 5$ sú priestorovo diferencované, pričom priestorovú diferenciaciu ich prvkov vyjadrieme pomocou matic (matice (5a) práce [12]). Priestorové subsystémy \mathbf{S}'_{FGn} systému \mathbf{S}_{FG} sú tvorené interakciou subsystémov $\mathbf{S}a_k$ ako relatívne homogénne priestorové celky. Exhaláty v ich jednotlivých stavoch (emisie, transmisie, imisie) považujeme potom za súčasť systémov $\mathbf{S}a_k$. V ďalších úvahách však z hľadiska zamerania našej práce bude postačujúce, keď budeme hovoriť o prvkoch a_k systému \mathbf{S}_{FG} . V konečnom dôsledku nás zaujíma horizontálny a vertikálny prenos exhalátov ako výsledok interakcie človek — prírodný komplex a bilancia imisií v systéme \mathbf{S}_{FG} .

2.2. *Postavenie exhalátov v systéme \mathbf{S}_G a v jeho subsystémoch $\mathbf{S}_{AG}, \mathbf{S}_{FG}$.* Ako sme už spomenuli, priemyselné exhaláty ako jeden z mnohých produktov interakcie dvoch autonómnych subsystémov $\mathbf{S}_{AG}, \mathbf{S}_{FG}$ systému \mathbf{S}_G (2.1.1) ponímame ako súčasť tohoto systému. Interakciu subsystémov $\mathbf{S}_{AG}, \mathbf{S}_{FG}$ (uvažované ako samostatné systémy) možno z hľadiska exhalátov (emisii, transmisii a imisií) schematicky znázorniť pomocou schémy obr. 4.

Vlastný pôvod priemyselných exhalátov je však v antroposfére ako systém \mathbf{S}_{AG} , t. j. exhaláty sú jedným zo špecifických prejavov tohto systému. Ako produkt môžu potom spätne negatívne vplyvať jednak na človeka (ako systém \mathbf{S}_{AG}) a jednak na prírodnú časť geosféry ako systém \mathbf{S}_{FG} , tvoriaci prírodné životné prostredie človeka.

V práci si nevšímame príčiny vzniku exhalátov, t. j. priemyselnotecnologické aspekty ich vzniku, ale už uvažujeme ich existenciu. Všímame si hlavne systém \mathbf{S}_{FG} , v ktorom ako výsledok horizontálneho a vertikálneho prenosu informácie sledujeme dislokáciu a bilanciu imisií v jeho jednotlivých subsystémoch \mathbf{S}'_{FGn} (2.1.5) ako fyzikogeografických komplexov.

Priemyselné exhaláty neuvažujeme však ako samostatné prvky hmotného systému \mathbf{S}_{FG} , ale ich uvažujeme ako súčasť samých prvkov a_k (2.1.4) tohoto systému. Emisie E a transmisie T uvažujeme ako súčasť prvku a_1 — atmosféry, imisie uvažujeme ako súčasť ostatných prvkov a_k (pre $k=2, 3, 4, 5$). To vyjadruje aj obr. 4. Exhaláty sa teda



Obr. 4. Priemyselné exhaláty ponímané ako súčasť systému S_G , vznikajúce interakciou subsystému S_{AG} a S_{FG} . Emisie E a transmisie T sú ponímané ako súčasť atmosféry (a_1) , imisie sú ponímané ako súčasť ostatných prvkov a_k ($k = 2, 3, 4, 4$) subsystému S_{FG} .

zúčastňujú na priestorovej modifikácii prvkov a_k uvažovaných ako množiny (2.1.4) a vystupujú ako jedny z prvkov týchto množín (2.1.4).

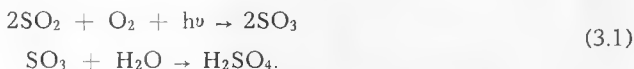
Priemyselné exhaláty v dôsledku horizontálneho a vertikálneho prenosu informácie pôsobia na systém S_{FG} v určitom priestorovom rozsahu ako porucha, ktorá zvyšuje priestorovú entropiu v tomto systéme. V dôsledku pôsobenia exhalátov, počnúc od určitého časového momentu ako počiatku rušivého vplyvu na priestorovo diferencovaný systém S_{FG} , začína tento systém diferencovaný do jednotlivých subsystémov (2.1.5) prechádzať množinou nových stavov, až sa prípadne ustáli na nejakom rovnovážnom stave vzhľadom na pôsobenie exhalátov. Subsystémy (2.1.5) sa teda priestorovo aj organizačne menia.

Pre človeka je však práve dôležitý priestorový a časový rozsah zmien subsystémov a pre neho vyplývajúce dôsledky týchto zmien. Exhaláty prechádzajú tak isto množinou stavov, čím sa postupne menia a mení sa aj ich vplyv na systém S_{FG} . Z hľadiska stavov budeme ponímať jednotlivé stavy exhalátov, ktorými prechádzajú, ako mieru informácie v systéme S_{FG} . V ďalších úvahách si teda budeme všimáť stavy exhalátov z hľadiska teórie systémov. Jednotlivé elementy, z ktorých exhaláty pozostávajú, tvoria súčasť množiny (2.1.4). Ak však sledujeme exhaláty samostatne, potom ich môžeme považovať za samostatný systém.

3. EXHALÁTY UVAŽOVANÉ NA BÁZE TEÓRIE SYSTÉMOV

Exhaláty uvažujeme z hľadiska teórie systémov ako hmotné systémy prechádzajúce postupnosťou stavov, počnúc východiskovým stavom ako počiatočným cez medzilahlé stavy a končiac výsledným stavom ako konečným.

Exhaláty od opustenia exhaláčného zdroja až po konečný stav, keď po prekonaní určitej dráhy atmosférou prídu do styku so substrátom, môžu sa podľa fyzikálno-chemických vlastností rôznou mierou meniť. Tak podľa Cadla [3] kyslíčnik siričitý môže vplyvom slnečného žiarenia reagovať s kyslíkom približne podľa rovnice



Magnezitové exhaláty podľa práce [8] reagujú po opustení exhaláčného zdroja približne takto



alebo častejšie



Exhaláty zo spalovacích motorov prejdú pri vytváraní smogu ešte zložitejšími kvalitatívnymi a kvantitatívnymi zmenami. V prirodzených podmienkach môže prebiehať paralelne niekoľko reakcií a môžu sa navzájom ovplyvňovať. V exhalátoch sa vyskytujú aj relatívne inertné látky, predovšetkým kremičitany a iné, ktoré sa od východiskového stavu až po konečný stav nemenia.

Ak všeobecne označíme počiatočný stav exhalátov ako E a konečný stav ako I , potom pre aktívne zložky platí, že $E \neq I$ a pre kvázi inertné zložky platí, že $E = I$.

Predpokladajme k -druhov exhalátov (kde $k=1, 2, 3, \dots$). Možné stavy každého z k -druhov exhalátov môžeme podľa poradia napísať v tvare postupnosti

$$(S_k)_n = (S_k)_1, (S_k)_2, \dots, (S_k)_{n-1}, (S_k)_n, \quad (3.3)$$

(kde $k, n=1, 2, 3, \dots$), ktorej jednotlivé členy predstavujú jednotlivé postupné stavy každého z k -druhov exhalátov.

Prinz a Stratman [23] definovali podľa pohybu partikul vzduchom emisie E a imisie I a zaviedli nový definovaný pojem transmisie T . Okrem toho rozoznávajú prechody medzi $E - T$ a $T - I$, ktoré znázornili graficky.

V uvedenom zmysle definície možno emisie, transmisie a imisie vyjadriť ako postupné stavy exhalátov, vyjadrené postupnosťou (3.3), ktorej prvý člen $(S_k)_1$ označuje všeobecne všetky druhy emisií E , t. j. $(S_k)_1 = E$.

Druhý až $n-1$ člen postupnosti (3.3) označujú transmisie T , t. j. disperzné stavy aerosólov, plynov a prachu. To znamená, že

$$(S_k)_2, (S_k)_3, \dots, (S_k)_{n-1} = T. \quad (3.4)$$

Posledný n -tý člen postupnosti (3.3) označuje imisie ako koncový stav exhalátov pri dotyku s určitým predmetom na zemskom povrchu v určitom čase t . Čas t sa počíta, počnúc od časového momentu t_0 , pričom t_0 je časový moment opustenia exhalátu exhaláčného zdroja. To znamená, že posledný stav v postupnosti (3.3) je

$$(S_k)_n = I.$$

Postupnosť (3.3) môže mať rôzny počet členov, ktorý závisí od počtu možných stavov každého z uvažovaných k -druhov exhalátov. Teoreticky môže platiť, že v postupnosti $n=1$, t. j. $(S_k)_1 = (S_k)_n$.

3.1. *Formulácia emisií, transmisí a imisií ako subsystémov S_{Ek} , S_{Tk} , S_{Tk} systému S_{Ex} .* Ak teda, ako sme už spomenuli, študujeme exhaláty samy osebe, môžeme ich uvažovať ako hmotný systém skladajúci sa z prvkov tvoriacich súčasť množiny (2.1.4). Tento princíp ukazuje aj schéma na obr. 4. To znamená, že emisie a transmisie sú súčasťou atmosféry $(a)_1$, imisie sa stávajú súčasťou zostávajúcich ďalších komponentov geosféry ako prvkov $(a)_2$ až $(a)_5$ systému S_{FG} .

Pretože však teraz študujeme exhaláty samy osebe, uvažujeme všeobecne exhaláty Ex ako hmotný systém

$$\mathbf{S}_{Ex} = \{\mathbf{B}_{Ex}, \mathbf{R}_{Ex}\}, \quad (3.1.1)$$

kde

$$\mathbf{B}_{Ex} = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\} \quad (3.1.2)$$

je množina hmotných prvkov, z ktorých sa systém \mathbf{S}_{Ex} skladá a \mathbf{R}_{Ex} je množina závislostí jednak medzi týmito prvkami navzájom a jednak medzi prvkami a okolím $(b_o)_{Ex}$ systému \mathbf{S}_{Ex} .

Prvky množiny (3.1.2), z ktorých systém (3.1.1) pozostáva, tvoria súčasť prvkov množiny (2.1.4), ako sme to už predtým spomenuli.

Systém (3.1.1) prechádza množinou stavov (3.3) charakterizovaných vždy určitými stavovými veličinami:

$$s_k = s_{k1}, s_{k2}, \dots, s_{kn} \quad (3.1.3)$$

vždy v určitom čase t . Tieto stavové veličiny sa v priebehu času menia a sú charakteristické pre E, T, I . Preto z hľadiska týchto stavov, ktorými systém (3.1.1) prechádza, môžeme ho rozdeliť na tri hmotné subsystemy $\mathbf{S}_E, \mathbf{S}_T, \mathbf{S}_I$, kde \mathbf{S}_E je subsystem emisií, \mathbf{S}_T je subsystem transmisí a \mathbf{S}_I je subsystem imisií. Tieto subsystemy vyjadrujú postupné stavy, ktorými tento systém prechádza. Prvky, z ktorých tieto subsystemy pozostávajú, sú vlastne prvkami množiny (3.1.2), avšak v jej rôznych postupných stavoch.

Uvažované z hľadiska teórie množín to znamená, že množina \mathbf{B}_{Ex} (3.1.2) prechádza postupne stavmi charakterizujúcimi E, T, I , ktoré môžeme považovať za množiny stavov.

Potom emisie, transmisie, imisie uvažujeme ako množiny

$$\begin{aligned} E &= \{E_1, E_2, \dots, E_{k1}\} \\ T &= \{T_1, T_2, \dots, T_{k2}\}, \\ I &= \{I_1, I_2, \dots, I_{k3}\} \end{aligned} \quad (3.1.4)$$

kde $k_1 \neq k_2 \neq k_3$,

ktorých E_k, T_k, I_k sú najrôznejšie druhy emisií, transmisí a imisií. Počet druhov transmisí môže, ale nemusí byť teoreticky rovný počtu druhov emisií a počet druhov imisií môže, ale aj nemusí byť teoreticky rovný počtu druhov transmisí.

Každý prvok množín (3.1.4) však chápeme ako štatistický súbor toho istého druhu. To znamená, že každý prvok E_k, T_k, I_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) môžeme uvažovať ako podmnožinu tvorenú štatistickým súborom prvkov toho istého druhu e_k, τ_k, i_k ($k = 1, 2, 3, \dots$). Z tohoto hľadiska môžeme množiny (3.1.4) vyjadriť v tvare matíc

$$\begin{aligned} E &= \begin{pmatrix} e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1m_1} \\ e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2m_2} \\ \dots \\ e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{km_k} \end{pmatrix} & T &= \begin{pmatrix} \tau_{11}, \tau_{12}, \dots, \tau_{1m_1} \\ \tau_{21}, \tau_{22}, \dots, \tau_{2m_2} \\ \dots \\ \tau_{k1}, \tau_{k2}, \dots, \tau_{km_k} \end{pmatrix} \\ i &= \begin{pmatrix} i_{11}, i_{12}, \dots, i_{1m_1} \\ i_{21}, i_{22}, \dots, i_{2m_2} \\ \dots \\ i_{k1}, i_{k2}, \dots, i_{km_k} \end{pmatrix}, \end{aligned} \quad (3.1.5)$$

ktorých každý riadok charakterizuje štatistický súbor prvkov $e_{km_k}, \tau_{km_k}, i_{km_k}$ vždy toho istého druhu ($k, m = 1, 2, 3, \dots$). Všetky tri druhy subsystemov $\mathbf{S}_E, \mathbf{S}_T, \mathbf{S}_I$ teda pozostávajú

stávajú z najrôznejších druhov častíc tvoriacich štatistické súbory zapísané v tvare matic (3.1.5). Subsystem emisii všetkých k -druhov definujeme potom ako subsystem

$$\mathbf{S}_E = \{E, \mathbf{R}_E\}, \quad (3.1.6)$$

kde E je matica z (3.1.5) všetkých druhov emisii ako prvkov tvoriacich tento subsystem, a \mathbf{R}_E je množina závislostí medzi týmito prvkami. Do okolia $(a_o)_E$ subsystemu \mathbf{S}_E zahrnujeme všetky tie prvky, s ktorými je subsystem v interakcii, ale ktoré neuvažujeme ako prvky subsystemu.

Subsystem \mathbf{S}_E , prechádzajúc postupnosťou stavov charakterizovaných jednak mierou koncentrácie častíc tvoriacich jeho prvky, jednak ich energetickou bilanciou W_E , sa transformuje na subsystem \mathbf{S}_T .

Kozhranie stavov medzi subsystemom \mathbf{S}_E a subsystemom \mathbf{S}_T teoreticky určíme pomocou entropie H_{Ek} . Emisie sú totiž všeobecne charakterizované ako častice s vysokou koncentráciou, tepelno-energeticky aktívnou bilanciou vzhľadom na okolitú atmosféru a sú uvažované od časového momentu t_o ich opustenia exhaláčného zdroja až po časový moment t_k , keď sa stávajú vzhľadom na energetickú bilanciu W_A okolitej atmosféry pasívnymi. Každý druh k -emisie E_k ako prvok množiny (3.1.4) obsahuje teda z hľadiska koncentrácie a energetickej bilancie určitý počet stavov, než sa zmení v transmisii. To pre celú množinu E (3.1.4) môžeme vyjadriť v tvare matice

$$\begin{pmatrix} E_{11}, E_{12}, \dots, E_{1m_1} \\ E_{21}, E_{22}, \dots, E_{2m_2} \\ \dots \dots \dots \\ E_{k1}, E_{k2}, \dots, E_{km_k} \end{pmatrix}, \quad (3.1.7)$$

ktorej prvky E_{km_k} ($k, m = 1, 2, 3, \dots$) podľa poradia v každom jej riadku vyjadrujú za sebou nasledujúce možné stavy každého jednotlivého druhu emisie E_1, E_2, \dots, E_k a stĺpce podľa poradia vyjadrujú za sebou nasledujúce stavy $s_{E1}, s_{E2}, \dots, s_{Em_k}$ rôznych druhov emisii. Každý prvok v riadkoch matice (3.1.7) je tvorený jedným jemu odpovedajúcim riadkom matice (3.1.5), avšak vyjadruje vždy nasledujúci stav. To znamená, že každý prvok podľa poradia v prvom riadku matice (3.1.7) je tvorený vždy prvým riadkom matice (3.1.5), avšak vyjadruje vždy nasledujúci stav, každý prvok v druhom riadku matice (3.1.7) je tvorený vždy druhým riadkom matice (3.1.5) vždy pre nasledujúci stav atď. Energetická bilancia W_E emisii E (3.1.7) bude teda východiskom k definícii miery entropie H_E . Mieru entropie H_E subsystemu \mathbf{S}_E (3.1.6) stanovíme pomocou pomeru energetickej bilancie W_E všetkých častíc emisii ako štatistického súboru takto:

$$H_E = - \left(\frac{W_A}{W_{E_1}} \right) \log_2 \left(\frac{W_A}{W_{E_1}} \right) - \left(\frac{W_A}{W_{E_2}} \right) \log_2 \left(\frac{W_A}{W_{E_2}} \right) - \dots \\ - \left(\frac{W_A}{W_{E_n}} \right) \log_2 \left(\frac{W_A}{W_{E_n}} \right) = - \sum_1^n \left(\frac{W_A}{W_E} \right) \log_2 \left(\frac{W_A}{W_E} \right). \quad (3.1.8)$$

Vo vzťahu (3.1.8) W_A označuje energetickú bilanciu okolitej atmosféry a W_{E_n} označuje energetickú bilanciu určitej časti emisii ako časti celkového štatistického súboru emisii.

Subsystem \mathbf{S}_E sa transformuje na subsystem \mathbf{S}_T , keď energetická bilancia W_E emisii ako štatistického súboru sa vyrovná s energetickou bilanciou W_A okolitej atmosféry. Subsystem transmisii všetkých druhov definujeme potom ako subsystem

$$\mathbf{S}_T = \{\mathbf{T}, \mathbf{R}_T\}, \quad (3.1.9)$$

kde \mathbf{T} je matica z (3.1.5) všetkých druhov transmisíí tvoriacích tento subsystém a \mathbf{R}_T je množina závislostí medzi týmito prvkami navzájom a okolím $(a_0)_T$ subsystému \mathbf{S}_T .

Do okolia $(a_0)_T$ subsystému zahrnujeme všetky tie prvky, s ktorými je systém v interakcii, ale ktoré nezahrnujeme do systému \mathbf{S}_T .

Každý druh transmisíí ako prvok množiny T (3.1.4) obsahuje určitý počet stavov než sa zmení na imisie. To možno pre celú množinu T z (3.1.4) vyjadriť pomocou matice

$$\begin{pmatrix} T_{11}, & T_{12}, & \dots, & T_{1n_1} \\ T_{21}, & T_{22}, & \dots, & T_{2n_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{k1}, & T_{k2}, & \dots, & T_{kn_k} \end{pmatrix}, \quad (3.1.10)$$

v ktorej prvky T_{kn_k} podľa poradia v každom jej riadku vyjadrujú za sebou nasledujúce možné stavy každého jednotlivého druhu transmisie a stĺpce podľa poradia vyjadrujú za sebou nasledujúce stavy S_{En} rôznych druhov transmisíí. Každý prvok matice (3.1.10) v jej jednotlivých riadkoch je tvorený jedným jemu odpovedajúcim riadkom matice (3.1.5), avšak vyjadruje vždy nasledujúci stav. To znamená, že každý prvok podľa poradia v prvom riadku matice (3.1.10) je tvorený vždy prvým riadkom matice (3.1.5), avšak vyjadruje vždy jeho nasledujúci stav, každý prvok v druhom riadku matice (3.1.7) je tvorený vždy druhým riadkom matice (3.1.5), avšak vždy pre nasledujúci stav atď.

Celkový stav vývoja subsystému \mathbf{S}_T z hľadiska miery premeny jeho prvkov charakterizujeme pomocou miery entropie H_T . Ak v subsystéme (3.1.9) počet všetkých častíc, ktoré sú jeho prvkami bez ohľadu na druh transmisíí, označíme T_c , potom mieru entropie H_T systému \mathbf{S}_T charakterizujeme ako

$$\begin{aligned} H_T = & - \left(\frac{T_{k_1}}{T_c} \right) \log_2 \left(\frac{T_{k_1}}{T_c} \right) - \left(\frac{T_{k_2}}{T_c} \right) \log_2 \left(\frac{T_{k_2}}{T_c} \right) - \dots \\ & - \left(\frac{T_{k_n}}{T_c} \right) \log_2 \left(\frac{T_{k_n}}{T_c} \right) = - \sum_1^n \left(\frac{T_{k_n}}{T_c} \right) \log_2 \left(\frac{T_{k_n}}{T_c} \right), \end{aligned} \quad (3.1.11)$$

kde T_{kn_k} sú jednotlivé prvky matice (3.1.10) v rôznych stavoch. Je zrejmé, že vývoj stavov transmisíí bude ukončený, keď budú premenené všetky častice ako prvky systému \mathbf{S}_T .

Posledný subsystém \mathbf{S}_I všetkých druhov imisíí definujeme tak isto ako subsystém

$$\mathbf{S}_I = \{\mathbf{I}_k, \mathbf{R}_{I_k}\}, \quad (3.1.12)$$

kde \mathbf{I} je matica z (3.1.5) všetkých druhov imisíí tvoriacích tento subsystém a \mathbf{R}_{I_k} je množina závislostí medzi týmito prvkami navzájom a okolím $(a_0)_I$ subsystému \mathbf{S}_I . Avšak teoreticky sa pri každom druhu transmisíí v matice (3.1.5) môže za rôznych podmienok realizovať rôzny počet stavov, než sa nejaký druh transmisíí zmení na imisiu. To znamená, že nejaký druh transmisie nemusí prejsť všetkými možnými stavmi, lebo skôr, ako by sa mohli realizovať všetky jeho teoretické stavy, zmení sa v imisiu. To možno ilustrovať aj vo vzťahoch (3.1), resp. (3.2), v ktorých podľa počtu realizovaných stavov vznikajú dve možné imisie, vždy z jedného druhu transmisie. Preto pri každom druhu

transmisie T_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) môže teoreticky vzniknúť I_k imisií. To znamená, že transmisie T_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) prejdú do tvaru T_{k1} a z neho sa zmenia na imisiu, prípadne prejdú cez stav T_{k1} do stavu T_{k2} a v ňom sa zmenia na imisiu atď. Možno to pre ktorýkoľvek z druhov transmisii T_k vyjadriť v nasledujúcej schéme:

$$\begin{aligned}
 (T_{k1}) & \rightarrow I_{k1} \\
 (T_{k1}, T_{k2}) & \rightarrow I_{k2} \\
 (T_{k1}, T_{k2}, T_{k3}) & \rightarrow I_{k3} \\
 & \dots \dots \dots \\
 (T_{k1}, T_{k2}, T_{k3}, \dots, T_{kn_k}) & \rightarrow I_{kn_k}
 \end{aligned}
 \tag{3.1.13}$$

Každý druh k -základnej imisie I_k vznikajúci z transformácie druhu T_k teda teoreticky pozostáva z rôznych I_{kn_k} možných následných imisií. To môžeme vyjadriť v tvare matice:

$$\begin{pmatrix}
 I_{11}, I_{12}, \dots, I_{1n_1} \\
 I_{21}, I_{22}, \dots, I_{2n_2} \\
 \dots \dots \dots \\
 I_{k1}, I_{k2}, \dots, I_{kn_k}
 \end{pmatrix},
 \tag{3.1.14}$$

v ktorej prvky v každom riadku vyjadrujú možný počet imisií každého základného druhu imisie, ktoré môžu vzniknúť v zmysle (3.1.13) podľa počtu realizovaných stavov transmisii. Jednotlivé stĺpce matice (3.1.14) vyjadrujú imisie z rôznych druhov transmisii realizované s jedným počtom stavov, ktorými transmisie prešli. Uvedené je graficky znázornené na schéme (obr. 5).

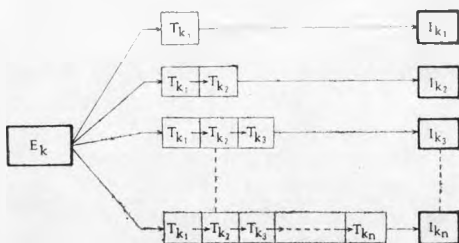
Imisie sa postupne stávajú súčasťou prvkov a_2, a_3, a_4, a_5 systému S_{FG} , zatiaľ čo emisie a transmisie sú súčasťou prvku a_1 systému S_{FG} (obr. 4). Imisie sa rôzne dislokujú a ďalší svoj osud majú veľmi komplikovaný.

3.2. Jednotlivé zložky imisií a ich transformácia. Subsystém S_f (3.1.12) vzniká translokáciou zo subsystému S_T (3.1.9) a je funkciou dynamiky atmosféry a vlastností zemského povrchu. Rozptylom a dislokáciou exhalátov v ovzduší, ako aj dynamikou zemského povrchu sa subsystém S_f rozdeľuje približne na tieto zložky: $I_s, I_z, I_k, I_f, I_o, I_p, I_t$.

Pod zložkou I_s ponímame tú časť imisií, ktorá spadne po opustení exhaláčného zdroja na povrch pôdy, vody alebo predmety, ktoré ležia na pôde a neprevyšujú v okruhu ca 2 m jej menšie nerovnosti.

Pod zložkou I_z chápeme časť imisií, ktorá sa dostane na povrch zeme v tekutých alebo pevných zrážkach.

Pod zložkou I_k ako efektu z prevýšenia rozumieme množstvo imisií zachytených neja-



Obr. 5. Princíp vzniku imisií I_{kn_k} z transmisii podľa počtu realizovaných stavov, ktorými transmisie prešli. Z každého druhu $k = 1, 2, 3, \dots$ emisii E_k môže vzniknúť I_{kn_k} imisií podľa počtu realizovaných stavov transmisii. Pozri schému (3.1.13) a maticu (3.1.14).

kým stromom alebo iným zvislým predmetom stojacím v smere prúdenia vzduchu od exhalačného zdroja.

Pod zložkou I_f ponímame tú časť imisií, ktorá sa po spade, sedimentácii zložiek I_s a I_z aj niekoľkokrát odrazí od povrchu substrátu a fluktuuje medzi povrchom zeme a ovzduším.

Zložka imisií I_o je obsažená v tečúcej vode po povrchu pôdy následkom zrážkovej činnosti alebo je súčasťou vodných tokov.

Pod zložkou I_p rozumieme časť imisií, ktoré sa zachytia na poľnohospodárskych rastlinách a zberom úrody alebo spásaním dôjde k presunu z pôvodnej lokality.

Zložka imisií I_t je časť, ktorá je zrážkami a agrotechnickými zásahmi translokovaná pod povrch pôdy.

Vráťme sa teraz k výpočtu zložky I_k . Pri výpočte zložky I_k musíme uvažovať nasledovné veličiny, od ktorých závisí množstvo zachytených imisií:

1. P_S — plošnú veľkosť zvislého profilu stromu alebo iného zvislého výškového predmetu, kolmého na smer k exhalačnému zdroju,
2. V_S — výšku stromu alebo iného objektu, ktorý označme symbolom S ,
3. z_S — nadmorskú výšku uvažovaného stromu alebo predmetu,
4. D — vzdialenosť stromu od exhalačného zdroja,
5. γ_S — uhol sklonu terénnej plochy (reliéfu) v mieste stromu v smere predĺženej vzdialenosti D ,
6. V_E — výšku exhalačného zdroja, ktorý označme symbolom E_z ,
7. z_E — nadmorskú výšku exhalačného zdroja,
8. komplexné fyzikálne atmosférické podmienky, ako je rýchlosť a smer prúdenia vzduchu, vlhkosť vzduchu, tlak vzduchu atď.

Tieto veličiny vystupujú ako nezávislé premenné veličiny, od ktorých závisí hodnota I_k .

Abstrahujme teraz od komplexných fyzikálnych podmienok atmosféry uvedených v bode 8, t. j. neuvažujme pre jednoduchosť fyzikálnu stránku problému, ale uvažujme predbežne iba zjednodušenú geometrickú stránku problému. Taktó zjednodušené hladisko síce v niektorých prípadoch podstatne ovplyvní hodnotu vypočítanej zložky I_k , avšak nenarušuje podstatu uvažovaného problému. Komplexne sa týmto problémom budeme zaoberať v samostatnej práci, kým teraz si ho všimame iba z hľadiska celkového zamerania našej práce. Potom z taktó uvažovaného hľadiska efekt z prevýšenia I_k môžeme pre názornosť prirovnať veľkosti zákrytovej plochy P_e na reliéfe, vymedzenej uvažovaným stromom vzhľadom na exhalačný zdroj. Plocha P_e teda je približne totožná s plochou vrhnutého tieňa stromu alebo iného výškového predmetu na reliéfe (obr. 6). Ak by sme teda v smere vrcholu exhalačného zdroja umiestnili svetelný zdroj tak, že jeho lúče môžeme považovať za paralelné priamky, potom plocha P_e je totožná s plochou vrhnutého tieňa stromu na reliéfe.

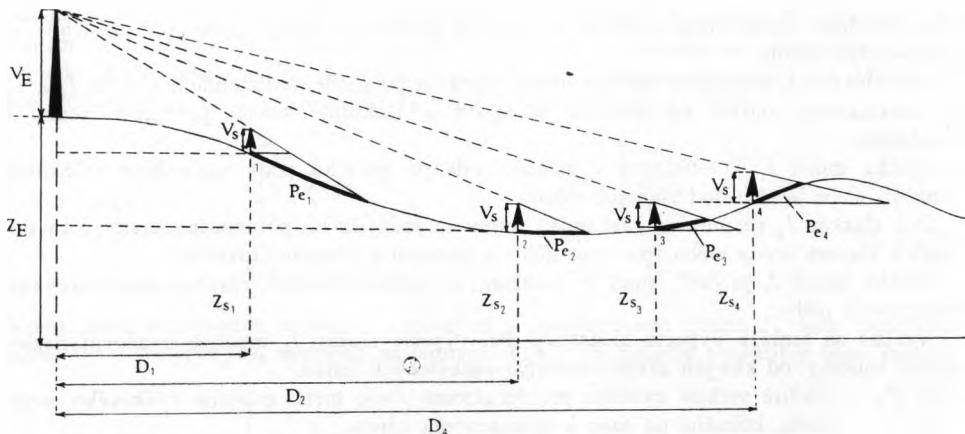
To znamená, že uvažovaný strom alebo i iný výškový objekt za nejaký časový interval Δt zachytí toľko exhalátov, koľko by dopadlo na taktó vymedzenú plochu P_e bez účinku stromu alebo iného uvažovaného výškového objektu.

Pri výpočte plochy P_e na reliéfe stačí uvažovať iba výšku stromu V_S . Z nadmorských výšok z_F , z_S vypočítame výškový rozdiel

$$\Delta z_{ES} = z_E - z_S \quad (3.2.1)$$

stromu od exhalačného zdroja.

Uvažujme teraz celý problém v priestore určenom kartézskou súradnicovou sústavou



Obr. 6. Znáznornenie geometrického aspektu zložky I_k ako efektu prevýšenia, pomocou plochy P_e . Efekt z prevýšenia vyjadruje množstvo imisíí zachytených stromom v smere prúdenia vzduchu od exhaláčného zdroja. Strom, alebo iný zvislý predmet zachytí tolko imisíí, koľko by dopadlo na plochu P_e , vyjadrenú vzorcami (3. 2. 7) až (3. 2. 10).

$\langle O, \mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k} \rangle$, kde O je počiatok súradnicovej sústavy, a $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ sú jednotkové, na seba kolmé vektory, pričom vektor \mathbf{i} určuje kladný smer osi x , vektor \mathbf{j} určuje kladný smer osi y a vektor \mathbf{k} určuje kladný smer osi z . Rovina (x, y) určená vektorom \mathbf{i}, \mathbf{j} nech sa nachádza v úrovni hladiny mora, takže hodnoty súradnice z budú zároveň hodnotami nadmorských výšok. Problém riešime v ľubovoľnej zvolenej mierke M . Uvažujme teraz vrstevnicový obraz vo vrstevnicovej mape mierky M v rovine (x, y) ako izočiarové pole výšok. Priestorovú terénnu plochu (reliéf) modelujeme v zmysle prác [14, 15, 16, 17, 27] topografickou plochou, ktorú budeme považovať za matematický model reliéfu. Priestorovú plochu, ktorú dostaneme interpoláciou vrstevníc z mapy mierky M v smere osi z ako topografickú plochu, budeme považovať za spojitú plochu, ktorej derivácie $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}$ sú spojitě až do najmenej druhého rádu. Vrstevnice v mape teda považujeme za izočiaru dvojrozmerného skalárneho poľa. Dvojrozmerné skalárne pole výšok v mierke M je dané všeobecnou rovnicou

$$z = f(x, y) \quad (3. 2. 2)$$

a izočiarové (vrstevnicové) pole je dané rovnicou

$$f(x, y) = C, \quad (3. 2. 3)$$

kde konštanta C má význam premenného parametra v intervale C_d, C_n a pre každú volenú hodnotu jednoznačne určuje priebeh izočiar tejto hodnoty C v skalárnej báze. V zmysle prác [14, 15, 16] gradient skalára ponímame ako vektor

$$\text{grad } z = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \mathbf{j}, \quad (3. 2. 4)$$

ktorého veľkosť je funkciou plochy (x, y) v skalárnej báze a je udaná vzťahom

$$|\text{grad } z| = \sqrt{\left[\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right]^2 + \left[\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right]^2}, \quad (3.2.5)$$

pričom vyjadruje zároveň hodnotu $\text{tg}\gamma_N$, kde γ_N je uhol spádu topografickej plochy v smere jej spádových kriviek (t. j. v smere ortogonálnych trajektórií v skalárnej báze). Ak uvažujeme ďalej uhol zovretý v skalárnej báze dotyčnicou k ortogonálnej trajektórii v nejakom bode $A(x, y)$ s nejakou inou priamkou, potom veľkosť $\text{tg}\gamma_s$ uhla spádu γ_s v smere tejto priamky bude udaná v skalárnej báze absolútnou hodnotou vektora $\text{grad } s$, t. j.

$$|\text{grad } s| = |\text{grad } z| \cdot \cos \varepsilon \quad (3.2.6)$$

(obr. 7). V našom prípade vyjadruje absolútna hodnota vektora (3.2.6) hodnotu spádu v mieste stromu alebo iného objektu v smere spojnice D bodov E_z, S ako úsečky na uvažovanej priamke (obr. 6, 8).

Poloha exhalačného zdroja E_z je v sústave $\langle O, i, j \rangle$ určená súradnicami (x_E, y_E) s priradenou hodnotou skalára z_E , t. j. $E_z(x_E, y_E; z_E)$. Poloha stromu alebo iného objektu je určená súradnicami (x_S, y_S) s priradenou hodnotou skalára z_S , t. j. $S(x_S, y_S; z_S)$. Celková situácia je ilustratívne znázornená na obr. 8. Priamku prechádzajúcu bodmi E_z, S môžeme považovať za priesečnicu zvislej roviny σ_{ES} s rovinou (x, y) . Táto zvislá rovina σ_{ES} preložená bodmi E_z a S sa pretína s topografickou plochou ako matematickým modelom reliéfu v priesečnici, ktorú nazvime profilom ES topografickej plochy (obr. 6).

Pri výpočte plochy P_e stačí uvažovať jej dĺžku ako veličinu e . Veľkosť veličiny e je určená vzťahom

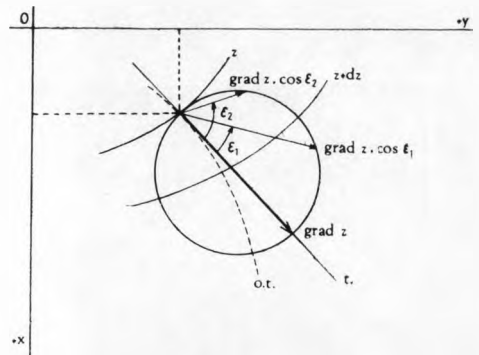
$$e = \frac{V_S D \sqrt{1 + |\text{grad } z|^2 \cos^2 \varepsilon}}{D |\text{grad } z| \cdot \cos \varepsilon + V_E + \Delta z_{ES} - V_S}, \quad (3.2.7)$$

kde vzdialenosť D je v rovine (x, y) určená vzťahom

$$D = \sqrt{(x_E - x_S)^2 + (y_E - y_S)^2}, \quad (3.2.8)$$

veľičina Δz_{ES} je určená vzťahom (3.2.1) a $\text{grad } z$ je určená vzťahom (3.2.5). Uhol ε je uhol v rovine x, y zovretý priamkou $E_z S$ s dotyčnicou k ortogonálnej trajektórii v bode $S(x_S, y_S; z_S)$ (obr. 7).

Vzorec (3.2.7) z hľadiska geometrického aspektu problému pre výpočet veličiny e



Obr. 7. Zmena veľkosti vektora $\text{grad } z$ v závislosti od uhla ε vyjadrujúceho zmenu smeru od ortogonálnej trajektórie.

uvádzame v zjednodušenom tvare. Analytický tvar rovnice (3.2.2), (3.2.3) a teda ani analytický tvar vzťahu (3.2.4) a (3.2.5) nepoznáme. Možno však plne využiť digitálne modely topografickej plochy riešené pomocou rôznych druhov polynómov dvoch premenných na samočinných počítačoch, teraz už bežne známe v modernej kartografickej literatúre. Vzťahy (3.2.2) až (3.2.5) môžeme potom v algoritmickej podobe použiť pre výpočet digitálnych hodnôt veličiny e určenej (3.2.8). Celý proces výpočtu sa tak dá realizovať pomocou samočinných počítačov. Je dosť analogický problému riešenému v práci [17]. Podrobný postup výpočtu veličiny e a iných veličín pomocou samočinných počítačov rozvádzame v samostatnej práci.

Ak poznáme plochu P_S zvislého profilu stromu alebo iného výškového objektu v smere kolmom na spojnicu D , môžeme pomocou veličiny e vypočítať zákrytovú plochu P_e .

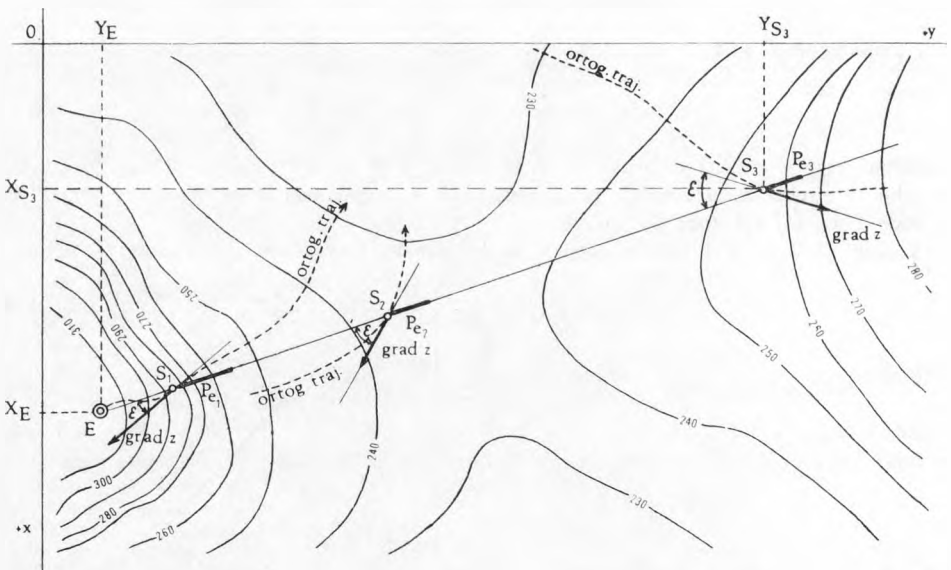
Ak veličinu e vydělíme výškou V_S , dostaneme koeficient

$$q = \frac{e}{V_S}, \quad (3.2.9)$$

ktorým je potrebné násobiť plochu zvislého profilu stromu alebo iného výškového objektu, aby sme dostali veľkosť zákrytovej plochy P_e . Teda

$$P_e = q \cdot P_S = \frac{e}{V_S} \cdot P_S. \quad (3.2.10)$$

Geometrické zjednodušenie spočíva v tom, že v oblasti zákrytu predpokladáme lineárny priebeh topografickej plochy ako matematického modelu reliéfu.



Obr. 8. Znáznornenie geometrického aspektu zložky I_k pomocou veličiny e (vzorec 3.2.7) plochy P_e .

Zložky $I_s, I_z, I_k, \dots, I_t$ sú typické v tejto zostave pre subsystém S_f a prakticky sa nevyskytujú v iných subsystémoch.

Medzi jednotlivými zložkami existujú vzťahy rôznej miery a rôzne vzájomné prechody. Vzťah medzi zložkou I_s a zložkami I_f, I_o, I_t, I_p je priamoúmerný. To znamená, že ak stúpa spad, stúpa aj fluktuácia, splavovanie, presakovanie a pribúda aj intercípia na rastlinách. Vzťah medzi zložkou I_s a I_k, I_z je nepriamoúmerný, teda ak sa zväčšuje efekt z prevýšenia, klesá hodnota I_s , pretože za spad považujeme tú časť imisií, ktorá padne priamo na povrch pôdy.

Uvažujme teraz zložku I_z a jej vzťah k ostatným zložkám. Ak sa zväčšuje zložka I_z so zväčšovaním intenzity a početnosti zrážok, znižuje sa I_s, I_k, I_f, I_p , a naopak, stúpa odplavovanie I_o a translokácia presakovaním I_t do pôdy.

Všimnime si teraz zložku I_k vo vzťahu k ostatným zložkám. Medzi zložkou I_k a I_p je priamoúmerný vzťah a nepriamoúmerný medzi I_k a I_s, I_f, I_z, I_o, I_t . Táto závislosť sa využíva pri zvyšovaní čistoty prostredia vysadzovaním pásov drevin okolo exhaláčnych zdrojov alebo okolo objektov, ktoré chceme pred imisiami chrániť. Ako však ukážeme v ďalšej časti, toto opatrenie má relatívnu platnosť, lebo vyššie porasty vegetácie znižujú translokáciu imisií a imisie ostávajú v porastoch dlhší čas v depozite a intoxikujú pôdu a vegetáciu.

Zložka I_f a jej vzťah k ostatným zložkám: Zložka I_f je často označovaná ako sekundárny exhaláčny zdroj, sekundárne znečistenie. Pod zložkou I_f rozumieme tú časť imisií, ktorá po spade znova sa aj niekoľkokrát odrazí a vnesie od substrátu do ovzdušia, alebo absorbované imisie sa oddelia od substrátu a opäť fluktuujú medzi vrstvami ovzdušia a povrchom zeme. Veľkosť zložky I_f je na rôznych miestach povrchu zeme rôzna. Na vodnej hladine alebo vo vlhkých lesoch je fluktuácia najmenšia, t. j. $I_f \rightarrow 0$, a naopak, na tvrdom a hladkom substráte alebo okolo predmetov ohriatych na vyššiu teplotu, na miestach so zvýšeným pohybom na dopravných trasách a na lokalitách so silnejšou veternou činnosťou je zvýšená. Fyzikálna adsorpcia pri teplotách 100 °C je už veľmi slabá, je spojená len malou energiou väzby. Od zohriateho telesa sa podľa Polydorovej [22] odpudzujú ešte všetky častice o veľkosti 0,003 μm . Vo veľkých mestských a priemyselných aglomeráciách fluktuácia I_f imisií je nepretržitá a je zložkou, ktorá zvyšuje znečisťovanie prízemnej vrstvy ovzdušia, v ktorej sa pohybuje človek a môže dosahovať hodnoty $I_s + I_z + I_k$. Medzi zložkou I_f a zložkami I_s, I_z, I_k je priamoúmerná závislosť a nepriamoúmerná medzi I_p, I_o, I_t .

Zložka imisií I_o je súčasťou pohybujúcej sa vody na povrchu pôdy predovšetkým po zrážkovej činnosti, alebo súvisí s pohybom vody vodných tokov a nádrží. Hodnota tejto zložky imisií vo vodných tokoch s väčšou rýchlosťou odtoku sa rovná spadu I_s a obsahu imisií v zrážkach a môžeme ju vyjadriť $I_o = I_s + I_z$, z toho potom vyplýva, že v tomto prípade zložky $I_k + I_f + I_p + I_t = 0$. Podľa sklonu terénu a prítomnosti vegetácie môže zložka I_o nadobúdať pre určitú plochu v určitom čase kladné alebo záporné hodnoty. Medzi zložkou I_o a I_t podľa ekologických podmienok je priamoúmerná závislosť.

Zložku I_p predstavujú imisie, ktoré sa zachytia na poľnohospodárskych rastlinách a zberom úrody alebo spásaním sú z pôvodnej lokality odstránené, resp. presunuté. V podstate zložka I_p je totožná so zložkou I_k a vyčleňujeme ju zvlášť preto, že na poľnohospodárskych plochách sa presunom zelenej hmoty so zachytenými imisiami zmení bilancia imisií. Táto zložka na rozdiel od zložiek I_f a I_o má len zápornú hodnotu a medzi ňou a zložkami I_o, I_t a čiastočne I_f platí nepriamoúmerná závislosť.

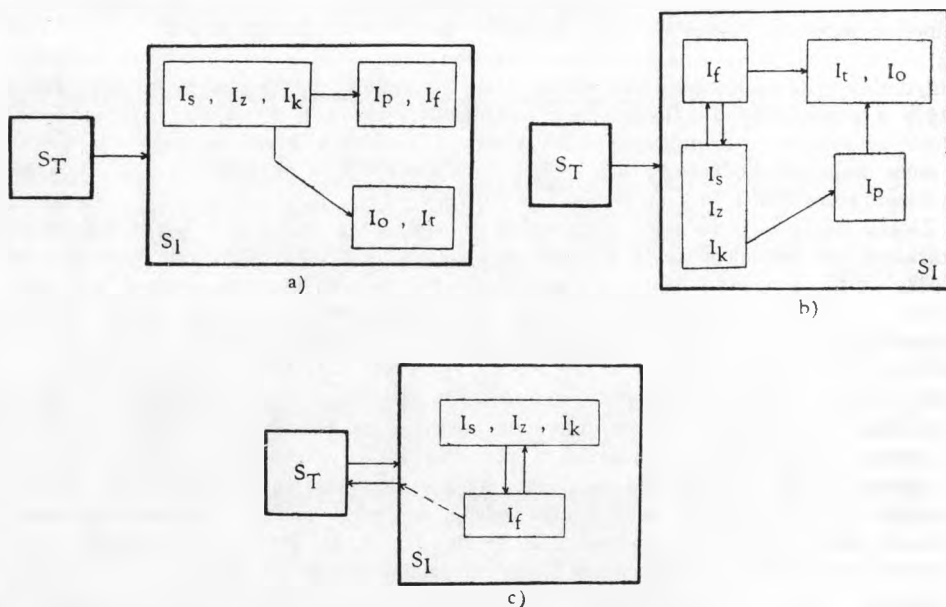
Zložka I_t nám predstavuje časť imisií, ktoré sa presakom zrážok alebo agrotechnickými zásahmi dostanú do pôdy, stanú sa jej zložkou a transformujú sa tak cez prvky a_1 — atmosféry, a_2 — hydrosféry do prvku a_4 — pedosféry systému S_{FC} . Hodnota

zložky I_t je závislá hlavne od priepustnosti pôdy, sklonu terénu, množstva zrážok, vegetácie a od iných ekologických faktorov. Zložka I_t , ako aj I_p má len záporné hodnoty, na piesočnatých pôdach dosahuje vysoké hodnoty, a naopak, na skalnatom a betónovom podklade sa môže rovnať nule. Ak sa zväčšuje hodnota I_t , klesá hodnota zložiek I_f , I_o , I_p , a naopak, pri nulovej hodnote stúpa hodnota zložky I_f a so sklonom terénu aj I_o .

Nie všetky zložky imisií sa prejavujú v určitom čase rovnako. Napr. zložka I_s sa prejavuje podľa meteorologického stavu len v určitom čase na určitých lokalitách. Zložky I_z , I_o , I_f sa zúčastňujú na celkovom toku imisií len v období zrážok a zložka I_p len pár dní v roku. Najstálejší priebeh má fluktuácia častíc I_f medzi povrchom a prízemnou vrstvou ovzdušia. Podľa uplatňovania sa v čase, môžeme zložky v priemere usporiadať takto:

$$I_f > I_k > I_s > I_z > I_o > I_t > I_p.$$

Transformáciu priemyselných exhalátov prechádzajúcich od exhaláčného zdroja až po ich zánik množinou stavov, ktorou sú charakterizované subsystémy S_E , S_T , S_I , môžeme znázorniť prechodom medzi jednotlivými prvkami časti geosféry ako systému S_{FG} pomocou blokovej schémy na obr. 4. Problematikou vzťahu systému exhalátov S_{Ex} (3.1.1) diferencovaného z hľadiska jeho stavov na subsystémy S_E , S_T , S_I k jednotlivým prvkom systému S_{FG} sa zaoberáme v samostatnej práci. Na tomto mieste znázorníme transformáciu subsystému prvkov S_T uvažovaných ako štatistický súbor do subsystému S_I z hľadiska uvažovaných zložiek I_f , I_k , ..., I_p , pričom tieto zložky tvoria diferencované štatistické súbory celkového štatistického súboru hmotných prvkov. Uvedené možno vyjadriť pomocou schém na obr. 9. Prechod zo subsystému S_T z hľadiska zložiek I_f , ..., I_p



Obr. 9. Jednotlivé prípady transformácie subsystému transmisíí S_T na subsystém imisií S_I z hľadiska jednotlivých zložiek imisií ako prvkov subsystému S_I .

do subsystému S_f sa deje troja zložkami: spadom I_s , zrážkami I_z a impakciou na pre-
výšene predmety I_k , ďalšia transformácia a translokácia môže podľa prostredia smerovať
k zložkám I_p , I_f a nakoniec cez I_t a I_o do prvkov a_2 a a_3 systému S_{FG} (obr. 9a, b).
Prípadne môžu zložky I_p a I_f chýbať (napr. v lese a na vode) a vtedy poradie postupu
bude od I_s , I_z , I_k k zložkám I_t a opäť transformácia do prvkov a_4 systému S_{FG} .

Ak prostredníctvom zložky I_f prejde určitá časť imisií späť do subsystému S_T , potom
môžu nastať prípady uvedené na obr. 9c. V lese so značne rozčleneným priestorom, kde
 $I_f \rightarrow O$, $I_p \rightarrow O$ a $I_o \rightarrow O$ prebieha jednoduchšia a jednoznačnejšia translokácia podľa
 $S_T \rightarrow I_s, I_z, I_k \rightarrow I_t \rightarrow (a_4)_{FG}$, t. j. do prvku a_4 pedosféry systému S_{FG} . Z uvedeného
poradia zložiek vyplýva, že ich môžeme rozdeliť na 3 skupiny:

1. primárne I_s, I_z, I_k ,
2. sekundárne I_f, I_p ,
3. terciárne I_t, I_o .

Medzi skupinami zložiek existuje časový posun, ktorý má veľký vplyv na stupeň konta-
minácie prostredia, v ktorom sa človek najdlhšie pohybuje. Čím je kratšia transformácia
medzi zložkami I_s, I_z, I_k, I_o, I_t , tým je bilancia imisií nižšia a tým sa prostredie rých-
lejšie môže zbaviť znečistenín, ktoré sa dostanú na povrch zeme.

3.3. *Bilancia imisií.* Algebraický súčet zložiek imisií nám dáva bilanciu imisií Q ,
vyjadrenú množstvom imisií na jednotku plochy a jednotku času.

$$Q = I_s + I_z + I_k \pm I_f \pm I_o - I_p - I_t, \quad (3.3.1)$$

ak zložky imisií podľa kladných a záporných hodnôt zlúčime, dostaneme zjednodušený
tvar bilancie

$$\begin{aligned} I_s + I_z + I_k &= b \\ (\pm I_f) + (\pm I_o) &= \pm c \\ (-I_p) + (-I_t) &= -d \end{aligned} \quad Q = b \pm c - d \quad (3.3.2)$$

b = časť imisií, ktorá hodnotu bilancie zvyšuje,

$\pm c$ = časť imisií, ktorá podľa prostredia hodnotu zvyšuje alebo znižuje,

$-d$ = časť imisií, ktorá hodnotu bilancie len znižuje.

Bilančná rovnica imisií je analogická bilančnej rovnici slnečného žiarenia a vodného
režimu. Pomocou nej môžeme sa v zjednodušenej forme informovať o množstve imisií,
ktoré sa akumulovalo na určitej ploche za určitý časový interval. Môžeme brať do úvahy
okamžitú bilanciu, bilanciu za dlhší čas, mesiac, rok alebo od začatia činnosti exha-
lačného zdroja. Hodnoty bilancie sú kladné, ale za určitých priaznivých ekologických
podmienok môžu klesnúť na nulu a pre krátky časový interval môžu v určitých prípadoch
dokonca dosiahnuť záporné hodnoty. Bilancia je plošne spojité, ale mozaikovitá s pre-
chodom rôznych gradientov a bilancia jednej plochy môže predovšetkým prostredníctvom
zložky $\pm c$ ovplyvniť bilanciu na susednej ploche. Lesy sú stabilizátorom bilancie imisií
a znižujú hodnoty zložiek $\pm c$, zabraňujú sekundárnemu i horizontálnemu presunu imi-
sií. Ak v krajine prevláda nelesná plocha nad zalesnenou, môže bilancia imisií značne
vzrásť i pri menšom spade jednak fluktuáciou častíc od bezlesnej a predovšetkým bez-
vegetačnej plochy smerom do lesa a na sklonenom teréne aj zložkou I_o .

Q je značne premenlivou veličinou ovplyvnenou klimatickými, terénnymi, vegetačný-

mi, antropogénnymi a inými faktormi a jej hodnoty sú výslednicou multifaktoriálnych možných kombinácií rôznych faktorov. Bilancia imisií sa najrýchlejšie mení tam, kde je povrch v nepretržitom pohybe, napr. voda, frekventovaná cesta, intenzívne obrábané pole a pod. Najmenšie zmeny Q sú na plochách s vysokou vegetáciou, predovšetkým v lese, na drsnom povrchu zeme alebo v uzavretých priestoroch. Rýchlosť a veľkosť zmeny bilancie na jednotlivých ekotopoch môžeme vyjadriť poradím

$$Q_H > Q_V > Q_A > Q_F, \quad (3.3.3)$$

Q_H — bilancia imisií na tečúcej vode; Q_V — na frekventovanej ceste; Q_A — na poli; Q_F — v lese.

Bilancia imisií sa mení v priebehu ročných období a klimatických zmien. Obdobie vytrvalých dažďov môže hodnoty bilancie celkove znížiť, obdobie studené bezveterné so stabilným inverzným zvrstvením celkove zväčšenie bilancie podporuje.

Aj menšie hodnoty Q , napr. v obytných priestoroch, môžu byť nebezpečné, ak sú hodnoty zložiek I_s a hlavne I_f vysoké.

Bilancia imisií je stav subsystému S_f za určitý čas na určitej ploche, ktorý vystupuje v zložkách I_s, I_z, \dots, I_t a je funkciou rozptylu transmisí, subsystému S_T a povrchu zeme.

4. ODRAZ BILANCIE IMISIÍ NA FYZICKOGEOGRAFICKÝ KOMPLEX AKO SYSTÉM S_{FG} (ZÁVER)

Veľmi často sa stretávame s protikladmi, keď výsledky určitého vplyvu imisií na vegetáciu, živočíšstvo ako súčasti subsystému S_{a_5} , ďalej na pedosféru a pod. nie sú v korelácii so zložkou I_s a ani s ďalšími primárnymi zložkami I_z, I_k . Protiklady medzi koncentráciou transmisí v prízemných vrstvách ovzdušia medzi primárnymi zložkami a ich účinkom na systém S_{FG} sa najčastejšie vyskytujú pri porovnávaní porúch ekosystémov lúk, lesov, okolo tečúcej vody, poľa, okolo ciest, sídlisk a pod. Mozaikovitý vplyv imisií na systém S_{FG} môžeme vysvetliť len pomocou všetkých zložiek imisií, pomocou bilancie imisií a pomocou transmisí, ktoré narušajú atmosferickú zložku systému S_{FG} . Rozhodujúci je okrem kvalitatívneho zloženia imisií, ako sme už uviedli v stati 3.2, pomer zložiek bilancie imisií. V oblasti, kde zložky I_z, I_o, I_p a I_t majú vyššie hodnoty, je bilancia menšia ako tam, kde tieto zložky chýbajú. Na miestach s častými zrážkami, vetrami, kde nie sú lesy a pôdy sú piesčité, tam bude bilancia imisií nižšia a jej vplyv napr. na vegetáciu bude menší ako napr. v lesnatom teréne s hlinitými pôdami a malými zrážkami. Lesy sa stávajú depozitom imisií a obmedzujú pohyb zložiek I_f, I_o . Tým síce znižujú znečisťovanie prízemných vrstiev ovzdušia a okolitých nelesných plôch, ale sami sa vysokou bilanciou imisií približujú k dezintegrácii. Dezintegrácia lesných fytoocenóz je prejavom poruchy systému S_{FG} a prejavuje sa paradoxnou väzbou medzi drevinami a podrastom, pri ktorej napr. pri vysokej bilancii magnezitových imisií rastú určitý čas vedľa seba buk, hrab, dub, *Puccinellia distans*, *Chenopodium glaucum*, *Agropyrum repens* a iné, teda rastliny, ktoré patria do rôznych cenotaxonomických systémov. Pôdy v dezintegrovaných lesných fytoocenózach majú zníženú biologickú aktivitu, narušenú vodnú bilanciu alebo zníženú reakciu (pH) atď. [9, 10]. Ak sú v systéme S_{FG} k dispozícii rezistentné rastlinné a živočíšne druhy, môže vzniknúť nová biocenóza, ktorá aspoň do určitého času toleruje vysokú bilanciu imisií. Ak nie sú rezistentné druhy k dispozícii, alebo v zmysle práce [10] dôjde hneď po začatí činnosti k enormnému

zvýšení bilancie imisií, môže vegetácia dočasne alebo až do ukončenia činnosti exhalačného zdroja zaniknúť a vytvorí sa fytoocenotické alebo biocenotické vákuum, ktoré má vplyv na stavy ďalších prvkov systému S_{FC} . Po jeho vytvorení dochádza k zrýchlenému procesu premeny štruktúry systému S_{FC} ako k zmene mezoklímy a mikroklímy, k deštrukcii a erózii pôdy [19], ku vzniku nových povrchových tvarov atď. V zmysle výsledkov práce [10] platí, že štruktúra fytoocenóz je funkciou bilancie Q imisií, t. j.

$$Sv = f(Q, t), \text{ resp. } Sv = f\left(\sum_{t_0}^{t_n} Q\right). \quad (4.1)$$

Rýchlosť dezintegrácie systémov je determinovaná predovšetkým fyzikálno-chemickými vlastnosťami imisií a ich bilanciou. Počiatkové prudké zväčšovanie bilancie imisií v lesných porastoch, parkoch, sadoch a pod. má za následok to, že po určitom čase začnú stromy odumierať, porast sa preriedi a tým sa uvedú do činnosti zložky bilancie I_p , I_o a I_d a v dôsledku toho klesne bilancia imisií. Zmena bilancie a zmena štruktúry Sv fytoocenóz vyvolá zmenu ďalších zložiek: zoocenóz, vodného režimu v pôde a zvýšenie erózie a transportu pôdy. Všeobecne môžeme konštatovať, že vysoké bilancie toxických imisií vyvolávajú reťazovú reakciu FG -komplexu a dôjde k divergencii zmien systému S_{FC} . Vysoké bilancie imisií môžu kontaminovať základné suroviny, vodu, vzduch, pracovné priestory človeka atď. Zmeny systému S_{FC} spôsobené imisiami sú prevažne ireverzibilné a sukcesia je odchýlkou od prirodzeného smeru.

LITERATÚRA

1. CAROL, H.: Grundsätzliches zum Ladschaftsbericht. *Pett. geogr. Mitt.* 101, H. 2, 1972.
2. CAROL, H.: NEEF E.: Zehn Grundsätze über Geographie und Landschaft. *Pett. geogr. Mitt.* J. 101, H. 2, 1957. — 3. CADLE, R. D.: Particles in the Atmosphere and Space. New York 1966. — 4. FRANKLN, R. E., GERSPER, P. L., HOLOWAYCHUK, N.: Analysis of gamma-ray spectra from soils and plants: Effect of trees on the distribution of fallout. *Soils Sci. Soc. America Proc.* 31, 1967, p. 43–45. — 5. GORHAM, E., GORDON, A.: Some Effect of Smelter Pollution Northeast of Falmouth, Ontario. *Canad. Journ. of Botany* 38, 1960, p. 307–312. — 6. HAJDÚK, J.: Zmeny fytoocenóz na trvalých plochách v oblasti pôsobenia fluórových exhalátov. *Air Conservation (Czechoslovakia)* 1, 1969, p. 177–181. — 7. HAJDÚK, J.: Influence of forest and individual trees on spacing of emissions. *Ochrana ovzduší* 2, 1970, p. 49–53. — 8. HAJDÚK, J., HAUSKRECHT, I.: Príspevok k výskumu horečnatých plôch v oblasti magnezitových závodov a k ich meliorácii. *Poľnohospodárstvo* 13, 1967, p. 7–18. — 9. HAJDÚK, J.: Kvantitatívne a kvalitatívne zmeny fytoocenóz spôsobené továrenskými exhaláčnými splodinami. *Biológia* 16, 1961, p. 409–419. — 10. HAJDÚK, J.: Einwirkungen von Industrie-Exhalationen auf die Struktur der Phytozoosen. *Gesellschaftsmorphologie, Bericht ü. d. Internationale Symposium in Rinteln 1966.* Haag 1970.
11. HERBST, W.: Filter und Schutzwirkung des Waldes gegen radioaktive und andere Beimengungen der Atmosphäre. *Der Forst- und Holzwirt.* 20, 1965, No. 10, p. 216–220. — 12. KRCHO, J.: Prírodná časť geosféry ako kybernetický systém a jeho vyjadrenie v mape. *Geogr. čas. SAV* 20, 1968, No. 2, p. 115–139. — 13. KRCHO, J.: Teoretické problémy modelovania prírodnej časti geografickej sféry ako kybernetického systému. *Geogr. čas. SAV* 23, 1971 No. 2 p. 160–167. — 14. KRCHO, J.: Problémy zostrojenia máp gradientov spádu, máp izoklín, izaluklín a izalumchrón. *Geogr. čas. SAV* 16, 1964, No. 1 p. 61–75. — 15. KRCHO, J.: Morfometrická analýza spádových pomerov Košickej kotliny. *Acta geol. et geogr. Univ. Comenianae, Geogr.* No. 4, (1964) p. 23–44. — 16. KRCHO, J.: Zovšeobecnenie rovnice izaluklín na topografickej ploche a v jej skalárnom poli. *Geogr. čas. SAV* 19 (1967), No. 2, p. 107–129. — 17. KRCHO, J.: Zostrojenie máp časovej a uhlovej dynamiky oslnenia

reliéfu graficko-numerickým spôsobom a pomocou samočinných počítačov. Geogr. čas. 22 (1970). — 18. LUX, H.: Beitrag zur Kenntnis des Einflusses der Industrieexhalationen auf die Bodenvegetation in Kiefernforsten (Dübener Heide). Archiv Forstwesen 13, 1964, 1215—1223. — 19. MIDRIAK, R.: Erózia pôdy na území poškodenom magnezitovými exhalátmi v Ťahanovciach (vých. Slovensko). Geogr. čas. SAV 21, 1969, p. 313—324. — 20. NEEF, E.: Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Gotha 1967.

21. NICKLFELD, H.: Pflanzensoziologischen Beobachtungen im Rauchschadengebiet eines Aluminiumwerkes. Centralbl. für die gesamte Forstwesen 84, 1967, No. 2—4, p. 167—172. — 22. POLYDOROVÁ, M.: K přípravě vysokodisperzních aerosolů. Air Conservation (Ochrana ovzduší) 2, 1970, No. 1, p. 167—172. — 23. PRINZ, R., STRATMANN, H.: Vorschläge zu Begriffsbestimmungen auf dem Gebiet der Luftreinhalung. Staub 29, 1969, No. 9, p. 354—357. — 24. STEINHÜBEL, G.: Zur Frage der Resistenz immergrüner Laubgehölze gegen schädliche Einwirkung von festen Rauchemissionen. Acta Bot. Acad. Scien. Hungaricae 9, 1963, No. 3—4, p. 433—445. — 25. ŚWIEBODA, M.: The influence of industrial air pollution of the vegetation in the vicinity of the „Bonarka“ factory of silicophosphate fertilisers in Cracow. Zakład Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Ochrona Przyrody 35, 1970, p. 161—220. — 26. TRAUTMAN W.: Veränderungen der Bodenvegetation in Kiefernforsten als Folge industrieller Luftverunreinigungen im Raum Mannheim — Ludwigshagen. Schriftenreihe f. Vegetationskunde H. 5, 1971, p. 193—208. — 27. ŠALAMON, B.: Das typische Isoliniengrundfeld und seine Anwendung (1. u. 2. Teil). Studia geophysica et geodetica, 1963, 7—93.

Jozef Krcho — Juraj Hajdúk

INDUSTRIAL EXHALATIONS AND THE IMISSION BALANCE IN THE NATURAL PART OF GEOSPHERE AS A CYBERNETIC SYSTEM

The work deals with the problem of the position of exhalations in the natural part of geosphere as a fundamental living environment of man. Out of all kinds of exhalations the object of the study in this work are industrial exhalations. But the conclusions can be generally applied also to other sorts of exhalations. The industrial exhalations can be considered as one of many sides of interaction anthroposphere- the natural part of geosphere. Geosphere is considered as a cybernetic system S_G (2.1.1.) consisting of two autonomous subsystems: anthroposphere as a subsystem S_{AG} and the natural part of geosphere as a subsystem S_{FG} (Fig. 1). The industrial exhalations are taken as one of the results of interaction of the subsystems S_{AG} and S_{FG} . In a more detailed study we can understand the autonomous subsystems S_{AG} and S_{FG} as two independent systems (Fig. 2). It is mainly the system S_{FG} (2.1.2.) which is in the centre of our interest. The system S_{FG} is spatially differentiated into single subsystems S'_{FGn} ($n=1,2,3, \dots$) (2.1.5.) (Fig. 2b and 3). The interaction of the systems S_{AG} and S_{FG} with regard to exhalations (emissions E , transmissions T , imissions I) can be illustrated by means of flow sheet (Fig. 4). The industrial exhalations after their inception are one of the specific cases of the system S_{FG} so that they form a component part of single elements (2.1.4.) of the system S_{FG} . Emissions E and transmissions T as statistical complexes forming the sets (3.1.4.) are considered to be a component part of atmosphere (element a_1 of the system S_{FG}), and imissions as a statistical complex forming the last set from (3.1.4.) are the component part of other elements a_k of the system S_{FG} ($k=2,3,4,5$) (Fig. 4).

The industrial exhalations influence the system S_{FG} in its certain spatial extent as a disturbance which increases the spatial entropy in this system.

The exhalations themselves are also considered with regard to the system theory. They run through the set of states from the initial through the set of intermediate states to the resulting, final state (Fig. 5). Emissions, transmissions and imissions as the successive states of exhalations can be expressed by the succession (3.3.). If we study the exhalations by themselves we can consider them to be a system S_{EX} (3.1.1.). This system runs through a certain set of states characterized by certain state constants (3.1.3.) always in a certain time t . With regard to the states the system S_{EX} can be divided into three subsystems: S_E — the subsystem of emissi-

ons, S_T — the subsystem of transmissions and S_I — that of imissions. The emission subsystem of all kinds is defined as a subsystem (3.1.6.), where E is a matrix from (3.1.5.) of all kinds of emissions. The subsystem S_E gradually runs through the succession of states characterized both by the particle concentration degree forming its elements and the energetic balance W_E . It is gradually being transformed into the subsystem S_T . The differentiation of the states between the subsystem S_E and the subsystem S_T can be theoretically defined by means of entropy H_E (3.1.8.), where W_E is the energetic balance of emission particles studied as a statistic complex and W_A is an energetic balance of the surrounding atmosphere. The subsystem S_E is transformed into the subsystem S_T when the energetic balance W_E of the emissions E as a statistical complex is equal to that of the surrounding atmosphere $-W_A$. The subsystem S_T is transformed into the subsystem S_I (3.1.12). The general state of the development of the subsystem S_T with respect to the change of its elements can be characterized by means of the entropy measure H_T (3.1.11.). Imissions gradually become the component part of the elements a_2, a_3, a_4, a_5 of the system S_{FG} , while emissions and transmissions are the component part of a_1 (Fig. 4).

The subsystem S_I is divided into $I_s, I_z, I_k, I_f, I_o, I_p, I_t$, where I_s is a fall out, I_z — precipitation, I_k — a component bound to the effect from camber, I_f — fluctuating component, I_o — a component transformed by washing off, I_p — a component bound to agricultural plants and I_t — a component soaked into the land.

When speaking about I_k we consider only a geometric aspect of the problem. It can be calculated by means of the constant e according to the formula (3.2.7.) and (3.2.10.) (Fig. 6, 8). The derived formulas are simplified and are to illustrate the substance of the geometric aspect of the problem. The mentioned components I_s, I_z, \dots, I_t of the imissions I are not manifested in the same way in the same time but every component is manifested in certain meteorological situations in different ways. The components as the parts of the system S_I can be transformed according to the charts in Fig. 9a, b, c. From the mentioned components the imission balance can be expressed in the equation (3.3.1.). If we collect the imission components by the negative and positive values we shall get the simplified balance (3.3.2.). The speed and intensity of the change in balance in single ecotops can be expressed by the order in (3.3.3.), where Q_H is imission balance on running water, Q_V — on frequentative road, Q_A — in field and Q_F — in forest. The imission balance is changed in the course of the year's seasons and climatic changes.

We often witness the contradiction between the imission concentration and their effect upon the components of the system S_{FG} . But these contradictions are only apparent and they can be explained by means of all components I_s, I_z, \dots, I_t of the imissions I . The contradictions between the transmission concentration in the ground airspace and their effect upon the system S_{FG} are manifested mostly when comparing the disturbances of ecosystems of meadows, forests, area near the running water, fields, areas near roads, block of flats, etc. The mosaic influence of imissions upon the system S_{FG} can be explained only by means of all components of imissions, imission balance and transmissions which disturb the atmospheric component of the system S_{FG} . Besides qualitative composition of imissions there is also a ratio of components of imission balance which is of great importance. For instance, forests become a depot of imissions and restrain the movement of I_f and I_o . They reduce the pollution of the ground air space and the surrounding non-forest areas but they themselves are near to disintegration through the high imission balance. Disintegration of forest phytocenoses is a manifestation of the disturbance of the system S_{FG} and it presents itself through the paradoxical bond between woods and growth. To the effect of the results of the work [10] it is valid that the structure S_V of phytocenoses is a function of imission balance, formula (4.1.). Speed of system disintegration is determined especially by physical-chemical qualities of imissions and their balance. The initial is intense growth of imission balance in woods, parks and orchards, etc. and as a consequence of this after some time the trees begin to die away, the growth becomes sparse and so the components of the balance I_f, I_o, I_p come to action and consequently imission balance decreases. The change of balance and the structure of S_V phytocenoses calls forth that of other components: zoocenoses, water condition in land and the increase of erosion and transportation of soil.

Translated by T. Laskovičová

Fig. 1. — The geographic sphere as a cybernetic system \mathbf{S}_G consisting of two autonomous subsystems: \mathbf{S}_{FG} — the natural part of geosphere and \mathbf{S}_{AG} — anthroposphere. The subsystems \mathbf{S}_{FG} and \mathbf{S}_{AG} are in interaction.

Fig. 2. — The autonomous subsystems \mathbf{S}_{FG} and \mathbf{S}_{AG} considered as independent systems. If we study subsystem \mathbf{S}_{AG} as an independent system then the subsystem \mathbf{S}_{FG} belongs to its environment, i. e. $\mathbf{S}_{FG} \in (a_0)_{AG}$. If we study the subsystem \mathbf{S}_{FG} as an independent system then the subsystem \mathbf{S}_{AG} belongs to its environment, i. e. $\mathbf{S}_{AG} \in (a_0)_{FG}$.

Fig. 3. — The spatial differentiation of the system \mathbf{S}_{FG} into single spatial subsystems \mathbf{S}'_{FGn} ($n=1,2,3\dots$) with the vertical and horizontal transfer of information by means of arrowheads. The vertical transfer takes place in every subsystem \mathbf{S}'_{FGn} ($n=1,2,3\dots$) among its single elements of the set \mathbf{G}'_{FGn} , and the horizontal transfer of information takes place among single subsystems \mathbf{S}'_{FGn} .

Fig. 4. — The industrial exhalations taken as a component part of the system \mathbf{S}_G formed by the interaction of the subsystems \mathbf{S}_{AG} and \mathbf{S}_{FG} . Emissions and transmissions are taken for the component part of atmosphere (a_1), imissions as a component of other elements a_k ($k=2,3,4,5$) of the subsystem \mathbf{S}_{FG} .

Fig. 5. — The principle of the rise of imissions I_{kn_k} from transmissions according to the number of realized states which the transmissions have run through. From every kind $k=1,2,3\dots$ of emissions E_k can arise I_{kn_k} of imissions by the number of the realized states of transmissions. See the chart (3.1.13.) and the matrix (3.1.14.).

Fig. 6. — Illustration of a geometrical aspect of I_k as a camber effect by means of the area P_e . The effect from camber expresses the magnitude of imissions caught by a tree in the direction of air flow from the exhalation source. A tree or another vertical object catches as much of imissions as it would fall on the area P_e expressed by the formulas (3.2.7.) — (3.2.10.).

Fig. 7. — The change of the vector grad z in dependence on the angle ε expressing the change of the direction from orthogonal trajectory.

Fig. 8. — Illustration of the geometrical aspect of I_k by means of the variable e (the formula 3.2.7.) of the area P_e .

Fig. 9. — Individual cases of transformation of transmissions systems S_I from the stand point of individual components of imissions as the elements of subsystem S_I .