

Hodnotenie citlivosti krajiny na acidifikáciu (modelové územie okolie Banskej Štiavnice)

Erika KOČICKÁ

Abstract: *The Beliansky creek catchment is significant with elevated acidification and toxic elements, mostly Al^{3+} mobility. It relates with the mining and settling of secondary quartzite on the Malý Šobov hill (Banská Štiavnica area). The acidification signs manifest on vegetation generic structure and covering, on land-use, on soils degradation and contamination and on devastation of the whole area. Acidification and contamination are diffused mostly through the upper and underground water flow and also through the air-borne spread to the broad surroundings. These processes are significant in landscape sensitivity.*

Keywords: *landscape, acidification, sensitivity, carrying capacity, optimal utilization*

Úvod

Na lokalite Šobov, severozápadne od Banskoštiavnickej kalvárie, sa dlhodobo prejavuje zvýšená acidifikácia a s tým súvisiaca zvýšená kontaminácia prostredia ťažkými kovmi. Sú dôsledkom dlhotrvajúcej intenzívnej ťažby kremenca na výrobu žiaruvzdorného dinasu, ako aj haldovania na výrobu dinasu nevyhovujúcej horniny.

Zdrojom acidifikácie je tzv. kyslý banský výtok, ktorý vzniká oxidáciou sulfidických minerálov (pyritu, pyrofylytu, illitu, sericitu a pod.) obsiahnutých v kremenci po jeho rozrušení ťažbou, za prítomnosti kyslíka, vody a mikroorganizmov. S acidifikáciou súvisí mobilita toxických prvkov, hlavne Al^{3+} . V roku 1994 bolo územie okolia lomu a haldy vyhlásené Okresným úradom ŽP v Žiari nad Hronom za ekologickú haváriu. Obdobné procesy sa objavili aj na neďalekom odkalisku Sedem žien.

Nebezpečenstvo acidifikácie prostredia hrozí predovšetkým prostredníctvom vody, presakujúcej materiálom lomu, haldy a odkaliska, ale aj vetrom. Šíriteľom acidifikácie do najväčšej vzdialenosti je Beliansky potok.

Príspevok prezentuje stanovenie citlivosti krajiny na načrtnuté negatívne procesy prebiehajúce v záujmovom území.

Charakteristika územia

Lokalita leží na svahu Malého Šobova v povodí Belianskeho potoka (Štiavnické vrchy). Povodie má rozlohu 10 016 ha, je využívané prevažne lesohospodársky a poľnohospodársky, v centrálnej časti leží obec Banská Belá.

Kremenec sa tu ťaží už od roku 1949. Lom je etážovaný, má 7 dobývacích priestorov. Plocha lomu je viac ako 70 000 m², halda zaberá plochu viac ako 30 000 m².

Hodnotenie citlivosti krajiny na acidifikáciu

Hodnotenie citlivosti krajiny je vo všeobecnosti považované za kľúčový krok, ktorý predchádza hodnoteniu ekologickej únosnosti krajiny (EÚK).

Citlivosť krajiny bola vyhodnotená na základe hodnotenia citlivosti jednotlivých vlastností krajiny, pričom je treba podotknúť, že nie všetky krajinné prvky možno hodnotiť z hľadiska citlivosti na acidifikáciu ako skutočne citlivé. Možno hodnotiť napr. citlivosť vegetácie, krajinných prvkov, pôdy z hľadiska úrodnosti a pod., ale hodnotiť citlivosť pôdneho druhu, hĺbky pôdy, genetického typu horniny, georeliéfu možno len v prenesenom slova význame. Navyše sú spoločne hodnotené prvky krajiny voči acidifikácii skutočne citlivé a prvky, ktoré sami o sebe nie sú voči tejto hrozbe citlivé, ale prostredníctvom svojich vlastností rozhodujú o citlivosti daného miesta (tu tzv. integrálneho krajinnokoekologického komplexu - IKEK), kde prispievajú k znižovaniu alebo zvyšovaniu citlivosti. Pre stanovenie citlivosti boli uvažované: morfoloficko-geneticko-polohový typ formy georeliéfu, geometrický typ formy georeliéfu, priemerný sklon formy georeliéfu, genéza hornín geologicko-substrátového komple-

xu, litologický typ hornín, hĺbka geologicko-substrátového komplexu, chemizmus hornín, pôdny subtyp, pôdny druh, hĺbka pôdy, skeletnosť pôdy, krajinná pokrývka, vrátane spoločenstiev reálnej vegetácie. Do hodnotenia vstúpila aj informácia o potenciálnej prirodzenej vegetácii ako doplnujúca relevantná vlastnosť krajiny. Jednak kvôli úplnosti zhodnotenia prvotnej štruktúry krajiny, ale predovšetkým ako vstupná informácia do hodnotenia ekologickej významnosti krajiny. Hodnotenie spočívalo v priradení stupňa ekologickej významnosti reálnym lesným spoločenstvám na základe porovnania ich druhového zloženia s potenciálnou prirodzenou vegetáciou v zásade tak, že čím bol porast zložením bližší potenciálnej prirodzenej vegetácii, tým bol považovaný za ekologicky významnejší. Klimatické charakteristiky, hoci sú z hľadiska hodnotenia citlivosti významné, neboli uvažované, celé územie bolo z hľadiska klimatických charakteristík považované za homogénne.

Citlivosť krajiny na acidifikáciu bola vyhodnotená z troch aspektov:

1. ako môže (nemôže) acidifikácia vstúpiť do konkrétneho IKEK a zároveň ako z neho môže (nemôže) vystúpiť – citlivosť vyjadrená schopnosťou IKEK viazať (koncentrovať) acidifikáciu (citlivosť I),
2. ako sa dokáže (nedokáže) konkrétny IKEK (hlavne jeho pôda, ale aj geologicko-substrátový komplex a geologické podložie) vysporiadať s acidifikáciou – citlivosť vyjadrená schopnosťou neutralizovať (pufrovať) acidifikáciu (citlivosť II),
3. ako je v rámci konkrétneho IKEK vystavená acidifikácii krajinná pokrývka a samotný človek – citlivosť vyjadrená ohrozenosťou krajinej pokrývky, ako časti krajiny, s ktorou človek prichádza neustále do kontaktu (citlivosť III).

Citlivosť krajiny je vyjadrená stupňami s rôznou hodnotou, pričom väčšia hodnota znamená vyššiu citlivosť. Počet stanovených stupňov citlivosti jednotlivých vlastností krajiny nie je rovnaký, závisí od charakteru tej-ktorej vlastnosti, od jej diferencovanosti vzhľadom k riešenej problematike, od obtiažnosti jej stanovenia. Počet stupňov vyjadruje aj intenzitu vplyvu, dôležitosť (váhu) pri stanovovaní celkovej citlivosti krajiny na acidifikáciu. Vyjadruje tiež stupeň neurčitosti daného faktora. Vplyv jednotlivých vlastností krajiny na citlivosť krajiny (konkrétneho IKEK) na acidifikáciu bol uvažovaný nasledovne:

Za účelom posúdenia vplyvu georeliéfu na pohyb (vertikálny alebo horizontálny) acidifikovanej vody a materiálu po svahu boli interpretované zóny dynamiky svahu. Vyjadrujú smer a spôsob pohybu po svahu (interpretácia tvarov mikropovodí a horizontálnej krivosti), tendenciu pohybu vody a materiálu (tvary mikropovodí a normálová krivosť), silu pohybu vody a materiálu (sklonitosť) a bilanciu transportu vody a materiálu (topografická poloha). Hodnotenie vlastností georeliéfu umožnilo určiť miesta, kde dochádza k spomaľovaniu a sústreďovaniu odtoku a k ukladaniu materiálu, čo sú z hľadiska hodnotenia acidifikácie kritické miesta.

Horniny ovplyvňujú celkovú citlivosť krajiny voči acidifikácii predovšetkým cez ich mineralogický charakter a priepustnosť, ktorá súvisí s litologickým typom a hrúbkou pokrovov. Jednotky horninového prostredia boli rozdelené podľa chemizmu na 3 skupiny s rôznym stupňom citlivosti voči acidifikácii. Z hľadiska priepustnosti sa vychádzalo z predpokladu, že jemnejšie litologické zloženie menej prepúšťa, a teda viacej viaže acidifikáciu, čo znamenalo vyšší stupeň citlivosti ako pri hrubšej zrnitosti. Vychádzalo sa z predpokladu, že čím majú horniny väčšiu priepustnosť, ohrozujúce látky sa môžu dostať hlbšie (menšia citlivosť).

V literatúre sa väčšinou stretávame s hodnotením „odolnosti“ pôdy voči acidifikácii. Tieto vlastnosti stoja proti sebe, vyššia odolnosť znamená menšiu citlivosť. Vplyv pôdy na citlivosť krajiny voči acidifikácii bola určená predovšetkým v zmysle prác Bedrna (1994), Čurlík (1998) a Lehotský (1990). Pôdam boli priradené filtračná a pufracia funkcia. Významný vplyv na filtračnú schopnosť má pôdny typ, resp. subtyp, ale aj zrnitostné zloženie, hĺbka a skeletnosť pôdy. Vyššia schopnosť zadržať (fixovať) ohrozujúce látky znamenala vyšší stupeň citlivosti a naopak. Takéto hodnotenie je zovšeobecnené, nebola uvažovaná napr. hrúbka humusového horizontu, jeho charakter, vlastností ostatných horizontov v pôdnom profile, prekorenenie pôdy, antropogénne zásahy a pod.. Na pufraciu funkciu vplyva vegetačná pokrývka, pórovitosť pôdy, obsah humusu, sklon svahu, mikroklimatické podmienky. Pri hodnotení bola rozhodujúca schopnosť pôd neutralizovať, za najmenej citlivé boli pokladané pôdy s najväčším obsahom karbonátov. Informácia o zrnitosti a skeletnosti pôdy bola využitá pri stanovení tzv. „drsnosti“ pôdy, schopnosti pôdy zadržiavať povrchový odtok (potenciálne acidifikovanú vodu, resp. materiál). Vychádzalo sa z predpokladu, že väčšia zrnitosť a väčšia skeletnosť znamenajú z hľadiska povrchového toku väčšiu drsnosť pôdy a naopak.

Krajinná pokrývka bola hodnotená jednak cez jej vplyv na povrchový odtok (prostredníctvom „drsnoty krajinej pokrývky“), ako aj cez citlivosť samotných prvkov krajinej pokrývky voči acidifikácii. Citlivosť lesných porastov voči acidifikácii bola hodnotená cez vlastnú citlivosť lesných porastov, vyplývajúcu z odolnosti jednotlivých lesných spoločenstiev voči kyslým vplyvom. Ostatným prvkom krajinej pokrývky (mimolesné) boli pridelené stupne citlivosti voči acidifikácii subjektívnym odhadom.

Vplyv jednotlivých podmienok a faktorov stanovišťa na veľkosť povrchového odtoku bol aproximovaný prostredníctvom „drsnoty krajinej pokrývky“, ako schopnosti prvkov krajinej pokrývky zadržiavať odtok. Vychádzalo sa z predpokladu, že čím je rýchlosť odtoku menšia, tým dlhšie pôsobí (môže pôsobiť) ohrozujúca látka na danom mieste, príp. prenikať do hĺbky, a tým bolo miesto považované za citlivejšie. Táto vlastnosť krajiny bola stanovená sčasti empiricky a sčasti na základe údajov uvádzaných v dostupných výskumoch.

Jednotlivé čiastkové citlivosti a celková citlivosť boli stanovené jednoduchými matematickými algoritmami:

Schopnosť IKEK akumulovať (koncentrovať) acidifikáciu (citlivosť I) bola vypočítaná podľa algoritmu:

$$\text{Cit I} = \text{CR}_1 + \text{CR}_2/2 + \text{CR}_3 + ((\text{DP}_2 + \text{DP}_4)/2) + \text{DK}_1/2 + (\text{CH}_2 + \text{CH}_3)/2 + \text{CM}$$

kde CR_1 – citlivosť podľa morfograficko-geneticko-polohového typu formy georeliéfu, CR_2 – citlivosť podľa geometrickej formy georeliéfu, CR_3 – citlivosť podľa sklonitosti georeliéfu, DP_2 – drsnosť pôdneho druhu, DP_4 – drsnosť pôdnej skeletnosti, DK_1 – drsnosť krajinej pokrývky, CH_2 – citlivosť podľa litotypu geologicko-substrátového komplexu, CH_3 – citlivosť podľa hĺbky geologicko-substrátového komplexu, CM – citlivosť podľa tvaru mikropovodia.

Schopnosť IKEK neutralizovať (pufrovať) acidifikáciu (citlivosť II) bola vypočítaná podľa algoritmu:

$$\text{Cit II} = \text{PP}_1 + (\text{FP}_1 + (\text{FP}_2 + \text{FP}_3 + \text{FP}_4)/3)/2 + \text{CH}_4$$

kde PP_1 – pufracia funkcia pôdy podľa subtypu, FP_1 – filtračná funkcia pôdy podľa subtypu, FP_2 – filtračná funkcia pôdy podľa druhu, FP_3 – filtračná funkcia pôdy podľa hĺbky, FP_4 – filtračná funkcia pôdy podľa skeletnosti, CH_4 – citlivosť podľa chemizmu geologicko-substrátového komplexu.

Ohrozenosť krajinej pokrývky (citlivosť III) bola stanovená podľa algoritmu:

$$\text{Cit III} = \text{CK}_1 \vee \text{CK}_2$$

kde CK_1 – citlivosť mimolesných krajinných prvkov, CK_2 – citlivosť lesných porastov, \vee = „alebo“.

Takto získané hodnoty citlivostí I, II a III boli ďalej „normované“. Celková citlivosť územia (Cit) bola vypočítaná podľa algoritmu:

$$\text{Cit} = \text{Cit I}_n + \text{Cit II}_n + \text{Cit III}_n$$

kde Cit I_n – hodnota normovanej citlivosti I na danom IKEK, Cit II_n – hodnota normovanej citlivosti II na danom IKEK, Cit III_n – hodnota normovanej Cit III na danom IKEK.

Normovaná celková citlivosť (Cit_n) potom je:

$$\text{Cit}_n = \text{Cit}/\text{Cit}_{\text{max}} \cdot 10$$

kde Cit – hodnota celkovej citlivosti na danom IKEK, Cit_{max} – najvyššia hodnota celkovej citlivosti. Výstupom je mapa citlivosti územia na acidifikáciu v detailnosti spracovania 1:10 000.

Modelovanie šírenia acidifikácie v území

Cieľom nebolo kvantifikovať odtok acidifikovanej vody alebo odnos či prínos materiálu, iba zistiť „cesty“ ich šírenia a identifikovať miesta, ktoré sú (môžu byť) týmito ovplyvnené. K hodnoteniu boli využité simulácie šírenia acidifikácie prostredníctvom vybraných modelov. Model povrchového šírenia acidifikácie zo zdrojov (lomu, haldy a odkaliska) gravitačným tokom vody a materiálu – odtokový model – vychádza z interpretácie georeliéfu, pričom bol vypracovaný variantne: len na základe potenciálu georeliéfu a ako reálne existujúci vynútený odtok (s jarkami, rigolmi, bariérami). Model ukazuje miesta vystavené acidifikácii a miesta priamo neohrozené týmito vplyvmi.

Uspokojivé informácie o potenciálne ohrozených lokalitách prísunom acidifikovaného materiálu poskytla interpretácia zón dynamiky svahu.

Rámcovú predstavu o priestorovej diferenciacii miest s prevládajúcim odnosom, prínosom alebo transportom poskytol aj model ERDEP (ERosion-DEPosition) (Hofierka, Šúri, 1996).

Model šírenia acidifikácie ovzduším vychádzal z predpokladu, že znečisťujúce látky sú nesené v smere vetra za bezprostredného vplyvu georeliéfu – exponované časti georeliéfu tvoria bariéry, za ktorými sú „zatižené“ časti georeliéfu voči zdrojom acidifikácie. Model rešpektuje hlavné smery prúdenia vzduchu v území a prihliada na vzdialenosť od zdrojov acidifikácie. Ani v tomto prípade získané výsledky nehovoria o množstve neseného ohrozujúceho materiálu, ani o jeho obsahu a charaktere, iba o potenciálnej hrozbe.

Odtokový a „viditeľnostný“ model boli spracované v prostredí GIS TNT – Map and Image Processing System.

Pohyb acidifikovanej a kontaminovanej vody závisí od celkovej konfigurácie terénu, od priepustnosti prostredia, od súčasného spôsobu využívania, existencie zberných jarkov, rigolov a kanálov, priepustov, bariér pre prúdenie vody. Acidifikácia a kontaminácia sa predovšetkým prúdením povrchovej a podpovrchovej vody dostáva do širšieho okolia zdrojov. Časť podpovrchovej vody môže prenikať aj do hlbších horizontov horninového prostredia, z ktorého sa môže dostať opäť na zemský povrch ďaleko od zdrojov acidifikácie, teda mimo povodia Belianskeho potoka.



Obr. 1. Model povrchového šírenia acidifikácie a znečistenia zohľadňujúci vplyv bariér na smer odtoku

Záver

Výsledky z hodnotenia citlivosti krajiny na acidifikáciu boli spolu s výstupom z hodnotenia reálneho zaťaženia a ekologickej významnosti podkladom pre stanovenie EÚK. Vychádzalo sa z predpokladu, že acidifikácia môže pôsobiť tým nebezpečnejšie, čím je dané miesto (IKEK) voči jej pôsobeniu citlivejšie. Citlivosť stojí v protiklade k únosnosti – čím je dané miesto citlivejšie, tým je menej únosné. Ďalej sa vychádzalo z predpokladu, že čím bol IKEK ekologickejšie, tým bola jeho únosnosť nižšia. Únosnosť znižovala aj intenzita reálneho zaťaženia. Výsledkom hodnotenia je 5 stupňov EÚK vo vzťahu k acidifikácii a kontaminácii. Krajinnno-ekologický návrh predstavoval odporúčanie niekoľkých skupín opatrení (podľa stupňa EÚK) na zmiernenie negatívnych prejavov acidifikácie a kontaminácie. Návrh spočíval vo vylúčení, pozmenení, príp. nahradení súčasného využívania iným, z hľadiska zvýšenej acidifikácie, príp. kontaminácie, menej negatívne ovplyvneným využívaním.

Reálne bolo v predmetnom území uplatnených viacero opatrení charakteru technického a technologického (revitalizácia, úprava pH, usmernenie odtoku a pod.), ktoré sa ukázali vo vzťahu k existujúcemu problému ako efektívne.

Literatúra

- BEDRNA, Z., 1994: Resistibility of landscape to acidification. *Ekológia* (Bratislava), Vol. 13, No. 1, 77-86.
- ČURLÍK, J., 1998: Zraniteľnosť pôd pri degradačných procesoch. Ochrana a udržateľný vývoj úrodnosti pôdy v SROV. Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy. Protierózna ochrana. MPSR, VÚPÚ, Nitra, Sielnica, 50-63.
- HOFIERKA, J., ŠURI, M., 1996: Modelling spatial and temporal changes of soil water erosion. *Geografický časopis*, 48, 255-269.
- LEHOTSKÝ, M., 1990: Hodnotenie tlmivej schopnosti pôd Slovenska voči antropogénnemu zakysľovaniu. *Geografický časopis*, 42, 4, VEDA, Bratislava, 357-374.

Príspevok vznikol za podpory projektu HUSK-0801/2.1.2/0162.

Evaluation of Landscape Sensibility to Acidification (Model Area of Banská Štiavnica Surroundings)

Erika KOČICKÁ

Summary: *The Šobov area near to Banská Štiavnica is an area with the problem of elevated acidification and toxic elements, mostly Al^{3+} mobility. It relates with the mining and settling of secondary quartzite on the Malý Šobov hill (Banská Štiavnica area). The acidification signs manifest on vegetation generic structure and covering, on land-use, on soils degradation and contamination and on devastation of the whole area. Acidification and contamination spread mostly through the up and underground water flow and also through the air-borne spread to the broad surroundings. These processes are significant in landscape sensitivity.*

Landscape sensitivity to the acidification (and contamination), with the real loading and ecological signification were the grounds of the carrying capacity evaluation. That was made with utilization of the relatively elementary mathematical operations. The designed progress allowed to identify the acidification and contamination sources relatively reliably. It also identified the localities with these most loaded negative impacts, next the most sensitive places against these impacts and the most important ecological places. It allowed to assign the places with the divers degrees of the carrying capacity in term of the elevated acidification (and contamination).

The proposals, according to the elevated acidification (and contamination) hazard consist in the recommendation of a few relatively simple elimination arrangements for the reduction of the present negative impacts of the acidification (and contamination) on the most problematic identified places – the sources of the acidification (and contamination), on the most devastated areas, as well as on and above the areas identified in presented evaluation as the less respectable areas in term of the evaluated hazards.

Adresa autora:

Mgr. Erika Kočická, PhD.
Katedra UNESCO pre ekologické vedomie a TUR
Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita
Masaryka 24, 960 53 Zvolen
erikakocicka@gmail.com