

VLIV GEOGRAFICKÉHO PROSTŘEDÍ NA pH POVRCHOVÝCH A PODZEMNÍCH VOD NA PŘÍKLADU HORNÍHO TOKU KŘETÍNKY

J. Kolejka

Katedra geografie přírodovědecké fakulty UJEP, Kotlářská 2, Brno, ČSSR
Došlo: leden 1978

Věnováno k 70. narozeninám prof. Ing. RNDr. Bohuslava Šimáka

Резюме

ВЛИЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА pH
ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ
ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ КРЖЕТИНКА

Я. Колейка

Работа занимается изучением влияний факторов географической среды на значение pH поверхностных и подземных вод на примере верхнего течения реки Кржетинка. В работе я анализировал влияние отдельных факторов природной среды и обсуждал величину их значения. На многих участках водных течений выразительные антропогенные влияния отнесли на задний план воздействие природных факторов на pH воды. Это очень выразительно проявляется, если водное течение проходит через населённый пункт, где значение pH быстро повышается. В окончании работы выражены закономерности изменений значений pH воды как результаты воздействий всех факторов географической среды.

Zusammenfassung

DER EINFLUß DES GEOGRAPHISCHEN MILIEUS
AUF DEN WERT pH DER OBERFLÄCHEN-
UND GRUNDWÄSSER AUF DEM BEISPIEL DES OBERLAUFS
DES FLUSSES KŘETÍNKA

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Untersuchung der Einflüsse des geographischen Milieus auf den momentanen Wert pH der Oberflächen- und Grundwässer auf dem Beispiel des Oberlaufs des Flusses Křetínka. In der Arbeit ist die Analyse der Einflüsse einzelner Faktoren des Naturmilieus durchgeführt und das Mass deren Bedeutung beurteilt worden. In manchen Abschnitten der Wasserläufe ist die Wirkung von Naturfaktoren durch ausdrucksvolle antropogene Einflüsse in dem Hintergrund verdrängt worden, was sich beim Durchgang des Wasserlaufs durch Siedlungen besonders markant bemerkbar macht, wo die Werte pH heftig wachsen. Am Ende der Arbeit wird auf jenen Gesetzmässigkeiten hingewiesen, die in den Veränderungen der Werte pH im Verlauf des Wasserlaufs festgestellt wurden, die das Resultat der Wirkung aller Faktoren des geographischen Milieus sind.

ÚVOD

Voda na své cestě korytem toku získává od okolního prostředí určité fyzikální a chemické vlastnosti. V oblastech bez účinků lidské činnosti jsou určujícími faktory těchto vlastností pouze vlivy litosféry, pedosféry, biosféry, hydro-

sféry a atmosféry. Toto přírodní prostředí je velmi rozmanité a stále se v trase vodního toku mění. Změny fyzikálních a chemických vlastností okolního prostředí se odrážejí v obdobných změnách vlastností vody. Jednou z nich je i hodnota pH. V naší kulturní krajině vodní toky již v poměrně krátké vzdálenosti od pramene procházejí lidskými sídly, případně oblastmi s intenzivní hospodářskou činností. Na těchto úsecích vodních toků vliv přírodního prostředí je překrýván působením důsledků lidské činnosti, již je výhradně určováno pH vody. Míra změny, t. j. rozdílu hodnot pH nad a pod sídly, může signalizovat i velikost znečištění vody. Využití moderních přenosných přístrojů umožňuje s malými náklady již v terénu zjišťovat orientačně velikost znečištění vodních zdrojů.

MATERIÁL A METODY

Tato práce je založena na pozorovacím materiálu získaném ve dnech 12., 13., 16. a 17. srpna 1976 v povodí horní Křetínky v okrese Svitavy. Terénní výzkum v této oblasti byl součástí rozsáhlejší geochemické prospekce, kterou prováděl n. p. Geoindustria Jihlava. Cílem této dlouholeté akce bylo lokalizovat ložiska barytu a fluoritu pomocí chemické analýzy vzorků vody. Vlastní práce v terénu spočívala v odběru vzorků vody o objemu 250 ml z tekoucího zdroje zhruba ve vzdálenostech 200 m, v sídlech po 400—500 m a v zaznamenání údajů o místě odběru, teplotě vody a vzduchu, o typu zdroje vzorku a jeho vydatnosti. PH vody, měřené elektronickým pH - metrem, bylo zjišťováno po skončení pracovního dne, nejpozději do 8 hodin po odběru posledního vzorku. Sledovaná oblast má plochu přibližně 36,04 km² a délka vodních toků je 50,5 km. Toto území netvoří ucelené povodí jak plochou, tak sítí vodních toků. Do oblasti vtéká 6 vodních toků, z nichž jeden je nestálý. Vytéká z ní jeden vodní tok. Protože práce probíhaly po srážkově suché periodě v červnu a červenci 1976, bylo asi 9 km koryt bezvodých. Odběr vzorků byl konán podle jednotlivých mapových listů. Chybějící údaje k doplnění povodí ze sousedních mapových listů nelze z důvodů zachování časové homogenity souboru použít.

ROZLOŽENÍ HODNOT PH VODNÍCH ZDROJŮ V ŘÍČNÍ SÍTI

Z vodních zdrojů sledované oblasti bylo odebráno celkem 243 vzorků. Průměrná hodnota pH činila 7,25. Hodnoty blízké průměrnému pH dosahovaly největších četností. Vzorky s kyselou reakcí ($\text{pH} < 7,0$) tvořily necelou čtvrtinu (24 %) z celkového počtu, s neutrální reakcí ($\text{pH} = 7,0\text{—}7,1$) 15 %, vzorky se zásaditou reakcí ($\text{pH} > 7,1$) tvořily 61 % všech odběrů. Rozložení hodnot jeví jistou pravidelnost. Obecně hodnoty pH rostly od pramenů směrem po toku. Svého maxima dosahovalo pH na krátké vzdálenosti po výtoku řeky ze sídla, odkud se opět snižovalo. Tento proces se téměř pod každým sídlem opakoval. V oblasti, kterou lze označit za přirozenou (neovlivněnou lidskou činností), naprosto převládají úseky vodních toků, jejichž pH je nižší než celkový průměr ($\overline{\text{pH}} = 7,25$). Naopak v úsecích pod sídly vzorky s podprůměrným pH tvoří vzácné výjimky.

VZTAH MEZI PH VODY A FAKTORY GEOGRAFICKÉHO PROSTŘEDÍ

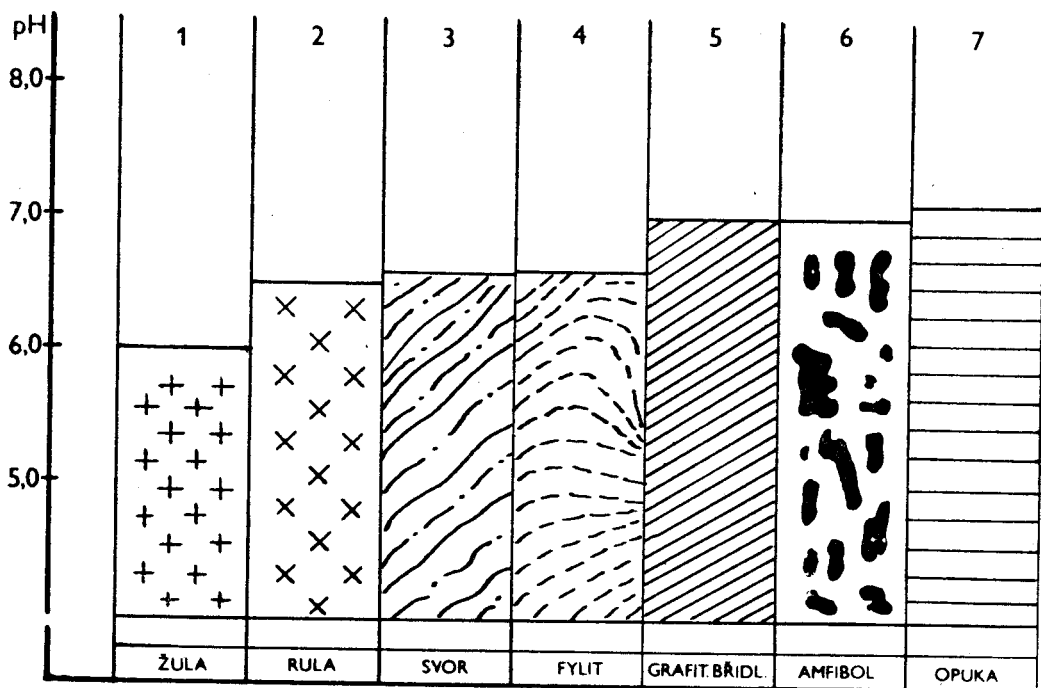
Rozdílnost intenzity působení faktorů geografického prostředí na přirozených a na ovlivněných úsecích vodních toků

Zdůvodnění pH vody podle stavu a struktury složek geografického prostředí je velmi obtížné. Jeho hodnotu ovlivňují prakticky všechny složky fyzicko-geografické a socioekonomické sféry. Přestože fyzickogeografičtí činitelé působí na pH vod komplexně a současně, je nutno při hledání příčin jejich změn studovat vlivy jednotlivých složek krajiny samostatně. Teprve z výsledků statistického zpracování změn pH v prostoru lze posoudit, která ze studovaných složek se v daném místě uplatňuje nejvíce a jakým směrem. Je však třeba na vodním toku rozlišovat úseky přirozené, do nichž člověk zasahuje pouze zemědělskou činností, a úseky ovlivněné. Na přirozeném úseku se uplatňují pouze přírodní činitelé v rozličné intenzitě podle momentálních dispozic složek krajiny, kdežto na ovlivněných úsecích jednoznačně převládá vliv člověka; přírodní činitelé tu mají malý význam, a proto jen posunují pH k nižším hodnotám.

Vlivy litosféry na hodnoty pH vodních zdrojů

Z přírodních činitelů, jež ovlivňují pH podzemních vod, je nejvýznamnější petrografické složení nejsvrchnějších částí litosféry. Charakter a intenzitu působení hornin na pH vod lze sledovat pouze ve vývěrech podzemních vod. Působením slunečního záření, teploty vzduchu, srážek, vlivem splachu z okolí a styku s půdou a vegetací a v důsledku přítomnosti živých organismů dochází ve vodě pod vývěry ke změně hodnot pH, neboť uvedené faktory podmiňují chemické reakce, jež podstatně mění pH na krátké vzdálenosti od pramene. Geologické složení studované oblasti je velmi pestré, což umožňuje vymezit několik kategorií pramenů podle petrografického podkladu. Podloží zde tvoří horniny poličského krystalinika, jež jsou proterozoického stáří. Převážně jde o krystalické břidlice s vložkami kvarcitů, amfibolitů a grafitických kvarcitů. Těmito starými horninami pronikly pně assyntských magmatitů, vesměs gabra a křemenné diority. Ve variské době obdobně vznikly pně žulových porfyrů. Ze severu a severozápadu zasahují do oblasti mrákotínské vrstvy svými grafitickými břidlicemi silurského až ordovického stáří. Nejmladší horniny sledované oblasti, pískovce, slepence a opuky křídového stáří, jsou součástí rozsáhlého platformního pokryvu české křídy, jež zasahuje svými výběžky do západní a východní části území (Svoboda et al. 1963).

Celkem se v oblasti vyskytuje 45 pramenů. Pět z nich bylo třeba vyloučit, neboť se nacházely v intravilánech sídel v těsné blízkosti obytných či hospodářských budov. Dále byly vyloučeny prameny, jejichž vysoká teplota vody ($t > 12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) signalizovala silné povrchové ovlivnění. Ostatní prameny jsem rozdělil podle petrografického složení podloží do 7 kategorií. Uvnitř každé z těchto kategorií byly vymezeny 3 skupiny podle teploty vody ($t \leq 10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $10,1\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $11,1\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Za nejspolehlivější znak průvodu vody pramene z větších hloubek lze považovat její nízkou letní teplotu, a to pod $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzhledem k tomu, že tyto chladné prameny se nevyskytovaly



Obr. 1. Vliv petrografického podloží na pH vody pramene (pro $t_{\text{vody}} \leq 11,0^\circ\text{C}$)

Рис. 1. Влияние петрографической подошвы на pH воды источника (для $t_{\text{воды}} \leq 11,0^\circ\text{C}$). 1. гранит, 2. гнейс, 3. кристаллический сланец, 4. филлит, 5. графитовый сланец, 6. амфибол, 7. песчаный мергель

Abb. 1. Einfluß des petrographischen Untergrundes auf pH des Wassers in der Quelle (für t des Wassers $\leq 11,0^\circ\text{C}$). 1. Granit, 2. Gneis, 3. Glimmerschiefer, 4. Phyllit, 5. Graphitschiefer, 6. Amphibol, 7. Tonschiefer

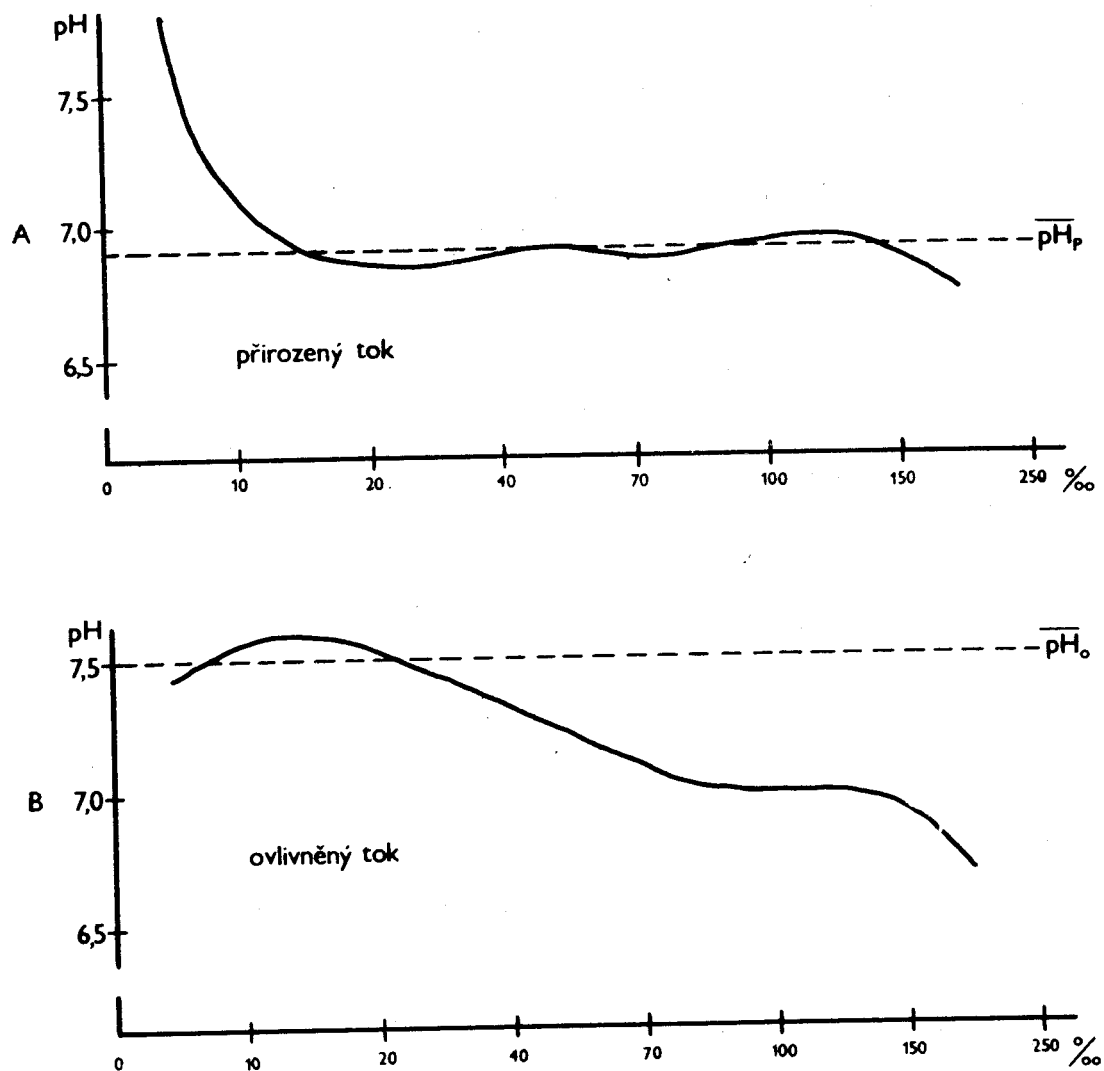
ve všech uvedených kategoriích, bylo nutno i na úkor větší spolehlivosti výsledků použít pramenů s vyšší teplotou vody (obr. 1). Průměrné pH vody v uvedených teplotních skupinách kolísalo:

na žulách v rozmezí	6,0—6,4,
na pararulách	6,4—6,6,
na kvarcitických rulách	6,5—6,6,
na grafitických svorech	6,6—6,8,
na grafitických břidlicích	7,0—7,2,
na amfibolitech	7,0—7,3,
na opukách	7,0—7,1.

Kyselá krystalická horniny tedy způsobují mírnou aciditu pramenných vod, kdežto bazické, vápnité a grafitické horniny mírnou alkalitu. Minerální složení podložní horniny do jisté míry determinuje hodnotu pH vody pramene.

Vliv litosféry na hodnotu pH se projevuje ještě nepřímo prostřednictvím

sklonu říčního dna. Ten souvisí s konfigurací a vývojem reliéfu Nedvědicke vrchoviny (Czudek et al. 1973), kam téměř celá oblast, až na výběžky české křídly zahrnované do Svitavské pahorkatiny, patří. Většinu povrchu oblasti vyplňuje starý zarovnaný povrch v nadmořských výškách 620—680 m. Nad



Obr. 2. Vztah mezi hodnotou pH tekoucí vody a sklonem řečiště

Рис. 2. Отношение между величиной pH текучей воды и склоном русла. А. естественное течение, Б. загрязненное течение

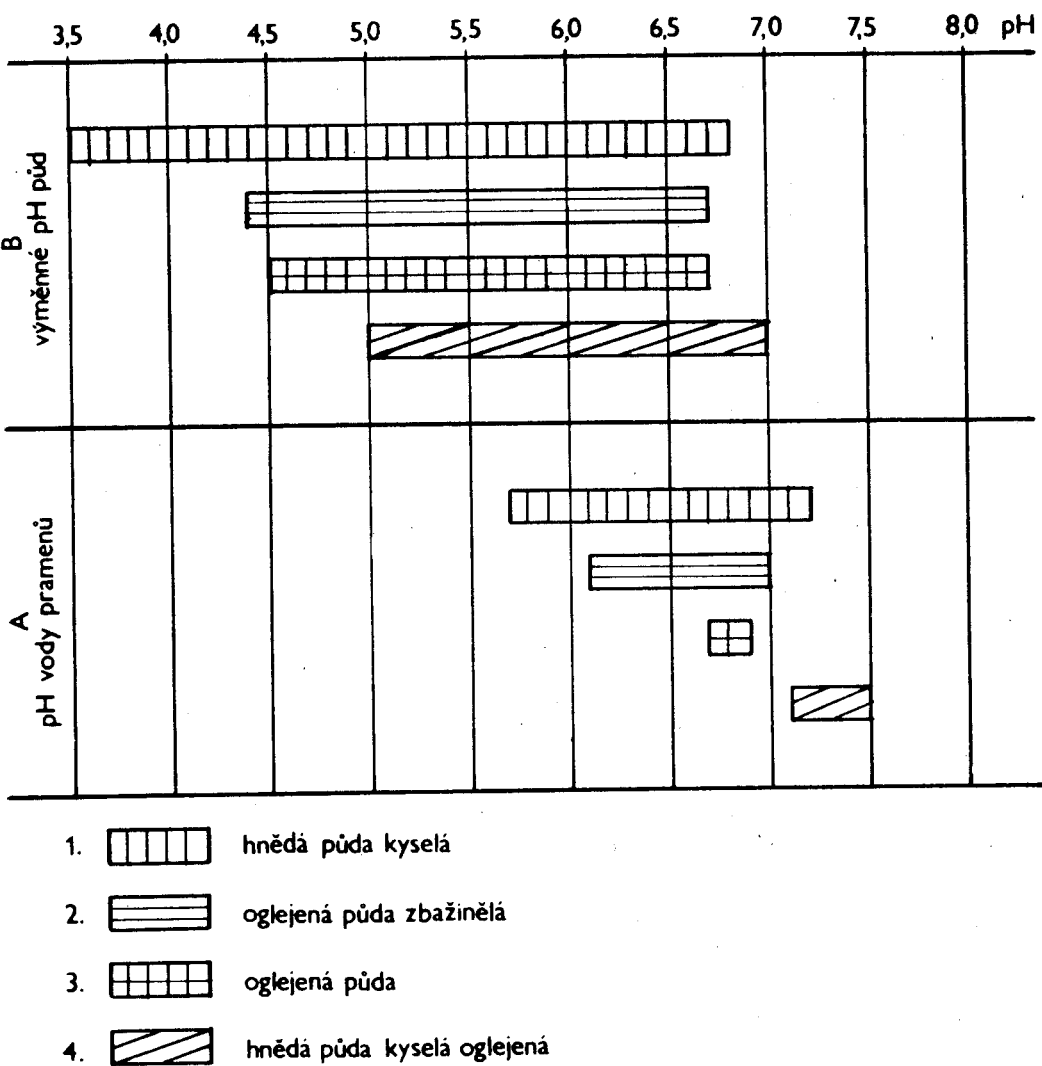
Abb. 2. Beziehung zwischen dem Wert pH des fließenden Wassers und dem Gefälle des Flußbettes. А. Naturwasserlauf, Б. beeinflusster Wasserlauf

něj vystupují relativně nevysoké a mírné pahorky až do maximální nadmořské výšky 732 m. Horní úseky vodních toků protékají širokými úvalovitými údolími, která mají v podélném profilu konkávní tvar. Zbytek povrchu je silně rozčleněn hlubokými údolími typu „V“, jejichž hloubka se pohybuje v rozmezí 100—150 m. V místech zahlubování vodního toku do starého zarovnaného povrchu je jeho podélný profil konvexní a dále po toku pozvolně přechází opět do tvaru konkávního. Ze statistického rozboru vyplývá (obr. 2), že na přirozeném toku úseky s větším sklonem řečiště ($s > 10 ‰$) vykazují značně nižší (v průměru minimálně o 0,5) hodnoty pH než úseky s malým sklonem ($s \leq 10 ‰$), kde průměrná hodnota pH je značně vyšší (7,7). To znamená, že na strmějších úsecích rychlé proudění vody brání intenzivnímu rozvoji mikroorganismů a promíchávání vody se vzduchem urychluje rozklad jinde vzniklých organických látek a jejich úbytek mineralizací tak, že výsledkem těchto procesů je pouze malý růst hodnoty pH od pramene. Naopak na úsecích s velmi mírným sklonem voda proudí pomalu. Nedostatek kyslíku a stagnace vody u dna a břehů podporuje hnilobné procesy spojené s produkcí NH_3 , jež svou reakcí ve vodě (NH_4OH) pH zvyšuje. Dále po toku, v místě zahlubování údolí, by vlivem zrychlení proudění měla hodnota pH teoreticky klesat, ale právě v těchto místech leží sídla, pod nimiž se pH mění nepřírodně, a to většinou směrem k vyšším (zásaditým) hodnotám. Přesto i zde vykazují strmější úseky pH relativně nižší než v mírně ukloněném řečišti. Na přirozeném úseku jsou rozdíly v pH, způsobené různým úklonem řečiště, ve srovnání s vlivy ostatních fyzickogeografických faktorů nepodstatné. Naopak, na ovlivněném úseku má zvýšení sklonu řečiště velký význam pro samočištění, jež se odráží i na hodnotách pH.

Vlivy pedosféry na hodnoty pH

Půdní pokryv oblasti (kromě lesních půd, o nichž nejsou známy údaje) je poměrně jednotvárný. Údaje o něm vycházejí z klasifikace KPZP (ES 1972a). Nejvyšší polohy a strmé, dobře odvodňované svahy pokrývá typ hnědé půdy a hnědé půdy kyselé. V místech se slabším odvodněním jsou hnědé půdy oglejené. Deleny, úvaly a údolí vodních toků jsou vyplněny polypedony oglejených a glejových půd, které jsou periodicky nebo trvale ovlivněny stagnující srážkovou či podzemní vodou (ES 1972b). V předchozích letech byl na většině zemědělských ploch oblasti proveden agrochemický průzkum půd (Kolektiv 1975). Jedním ze zjišťovaných parametrů půd bylo výměnné pH půd, které vykazuje vždy nižší hodnoty než pH aktivní, což je skutečná reakce ve vodním výluhu. Rozdíly mezi oběma hodnotami se pohybují od 0,8 do 2,0 (Pelíšek 1964, str. 298). Z rozložení ploch v terénu o stejném výměnném pH bez ohledu na petrografické podloží, vyplývá obecné pravidlo, že nejnižší pH je na střední části svahu a roste směrem nahoru i dolů. Nízké pH na střední části svahu je asi způsobeno intenzivním vyluhováním bází. Směrem dolů se materiál hromadí. Spláchnuté jemné jílovité částice poutají na svém povrchu amonné báze se zásaditou reakcí. Toto je typické pro těžší půdy. Růst pH směrem vzhůru je způsoben konfigurací terénu, v jehož nejvyšších částech jsou plochy s malým sklonem a slabým odvodněním. Zde se udržuje mocnější vrstva jemnějších zvětralin, v nichž dochází k podobným procesům jako v terénních depresích. Maximální hodnoty výměnného pH na plošinách jsou nižší než v depresích.

Průběh izoion alespoň v terénních depresích do značné míry koresponduje s okrají polypedonů v mapě půdních typů. Ve vyšších polohách jsou oblasti s vyšším pH zahrnuty do polypedonů, jaké se vyskytují na svazích, což je



Obr. 3. Vliv půdního pokryvu na pH vody pramene (pro $t_{\text{vody}} > 11,0^\circ\text{C}$)

Рис. 3. Влияние почвенного покрова на pH воды источника (для $t_{\text{воды}} = 11,0^\circ\text{C}$).
 А. pH воды источников, В. сменное pH почв. 1 кислая буровая почва, 2. глеевая заболоченная почва, 3. глеевая почва, 4. кислая глеевая буровая почва

Abb. 3. Einfluß der Bodendecke auf pH des Quellwassers (für t des Wassers $> 11,0^\circ\text{C}$).
 A. pH des Quellwassers, B. Austausch-pH der Böden 1. saure Braunerde, 2. sumpfiger Gleiboden, 3. Gleiboden, 4. saure Gleibraunerde

nedostatek klasifikace podle KPZP. Zda se tato vertikální stupňovitost pH půd na svahu odráží i na pH vod, lze těžko posoudit, protože většina pramenů vyvěrá až na úpatí. Vliv půdního typu na pH vody nelze statisticky přesně vyjádřit, protože pH půdy uvnitř jednoho typu se pohybují v širokém rozmezí a mění se od místa k místu (obr. 3). Lze však konstatovat, že v půdách s dobrým odvodněním vyvěrají prameny o nižším pH vody než v pramenech lokalizovaných v pedonech oglejených či glejových půd, kde pH vody je podstatně vyšší. Tento vztah je tedy poměrně volný a nejvhodnější se studuje u pramenů s vyšší teplotou vody, která své chemické vlastnosti získává nehluboko pod povrchem.

Zajímavá je vzájemná souvislost mezi pH vody a charakterem dna toku. Dno tvořily kombinace těchto základních materiálů: skalní podklad nebo balvany, písek, bahno, hustý organický porost, chemogenní povlaky, beton nebo betonové dlaždice. Průměrné pH vody na celém toku zakrývá velké rozdíly pH vody pramene a ovlivněného úseku toku. Tyto rozdíly jsou zvláště velké u kombinací materiálů dna, které obsahují bahno a chemogenní povlaky. V případě dna s bahnem vykazuje voda pramenů nízké průměrné $\text{pH} = 7,0$. Lze soudit, že jde o bahno s vysokým obsahem huminových kyselin z okolního humusu, které snižují pH. Naopak, na ovlivněném úseku voda nad bahnitým dnem vykazuje poměrně vysoké hodnoty $\text{pH} = 7,3-7,6$. Zde může jít o kaly s obsahem vyhnívacích organických látek, které při rozkladu uvolňují čpavek, který ve vodě působí jako zásada. Obdobně je tomu i u chemogenních povlaků na povrchu materiálu řečiště. Kyselou reakci vody v pramenu způsobují kyselé soli železa a hliníku (Pelíšek 1964, 295). Na ovlivněném úseku toku jde zřejmě o biochemické povlaky řas a hub, které rozkladem organických látek podmiňují zásaditou reakci vody. Souvislost mezi pH vody a charakterem dna může indikovat znečištění vod.

Vlivy atmosféry na hodnoty pH

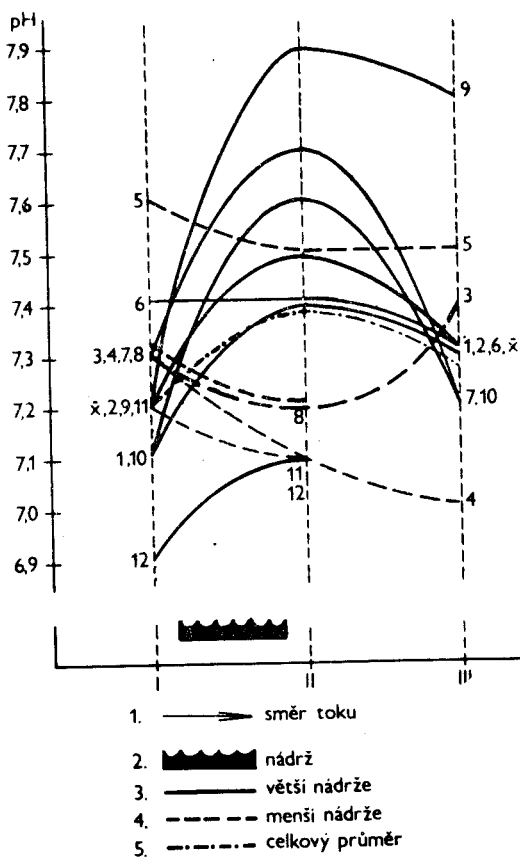
Atmosférické vlivy na hodnoty pH jsou jednak přímé, jednak nepřímé. Nepřímo se projevuje vliv klimatu prostřednictvím dlouhodobých úhrnů srážek. Podle Pelíška (1964, 297) mají půdy (a tedy i vody) v oblasti vlhčího klimatu zpravidla i větší kyselost, kdežto sušší klima způsobuje na témže petrografickém podloží reakci neutrální až alkalickou. Sledovaná oblast se nachází na rozhraní okrsků mírně vlhkého a vlhkého v oblasti mírně teplé, vrchovinné (Kolektiv 1958). Podle nejbližší meteorologické stanice Polička, jež svou nadmořskou výškou 555 m reprezentuje obdobnou oblast, se průměrný roční úhrn srážek pohybuje kolem 705 mm při průměrné roční teplotě $5,8^{\circ}\text{C}$. Při výparnosti 700 mm/rok sledované území patří do pásma s vyrovnanou vláhovou bilancí, což se mimo jiné odráží i v průměrném pH vody přirozených úseků řek, v nichž vykazuje mírně kyselou reakci ($\text{pH} = 6,9$).

K přímým vlivům patří okamžité pH srážek, jejich teplota, teplota vzduchu a na ní do jisté míry závislá teplota vody. Vzhledem k tomu, že během odběrů vzorků nevypadávaly srážky, lze studovat pouze vztah teploty vody a hodnoty pH v místě odběru. Tento vztah nelze sledovat v celé oblasti jako celku, ale pouze v rámci jednotlivých toků. Pro posuzování těsnosti vztahu je nejvhodnější korelační koeficient r_{xy} . Z výsledků na vybraných tocích vyplynulo, že hodnota r_{xy} klesala s rostoucí rozmanitostí již uvedených fyzickogeografických

faktorů v rozmezí od 0,7 do 0,01. V povodích s prakticky neměnnými přírodními podmínkami dosahuje r_{xy} nejvyšší hodnoty a v zásadě lze soudit, že s rostoucí teplotou vody roste i velikost pH. Růst teploty až do biologického optima zřejmě podmiňuje aktivizaci biochemických procesů mikroorganismů, které produkty svého metabolismu zvyšují hodnoty pH.

Vlivy hydrosféry na hodnoty pH vody

Voda funguje jako prostředí, v němž se projevují v podobě hodnot pH chemické vlastnosti hornin, půd, produktů biologických procesů i činnosti člověka. Vodní tok je nositelem informace z místa o vyšší nadmořské výšce do míst nižších. Význam vodního toku pro velikost hodnoty pH v libovolném



Obr. 4. Vliv nádrží na hodnoty pH vody

Рис. 4. Влияние водоёмов на величину pH воды. 1. направление течения, 2. водоём, 3. большие водоёмы, 4. меньшие водоёмы, 5. общее среднее значение

Abb. 4. Einfluß der Teiche auf die Werte pH des Wasserlaufs. 1. Richtung des Wasserlaufs, 2. Teich, 3. größere Teiche, 4. kleinere Teiche, 5. Gesamtdurchschnitt

místě spočívá v tom, jak dlouho je voda schopna podržet si chemické vlastnosti, jež získala v určitém místě. Hodnota pH tedy závisí na nejbližší hodnotě ve směru proti proudu a na procesech, které ovlivňují pH mezi oběma místy odběru. Schopnost zachovat si získanou hodnotu pH je rozdílná na přirozeném a ovlivněném úseku toku. Korelační koeficient mezi 62 dvojicemi vzorků na přirozeném úseku směrem po proudu vykazuje hodnotu $r_{xy} = 0,66$. Na ovlivněném úseku pro 83 dvojic je $r_{xy} = 0,77$. Rozdíl mezi oběma hodnotami je zřejmě způsoben tím, že na přirozeném úseku je okolní prostředí rozmanitější a jednotlivé složky fyzickogeografického prostředí se v různých místech uplatňují s různou intenzitou. Naopak, na ovlivněném úseku je vliv přírodního prostředí vzhledem k intenzivní lidské činnosti relativně malý. (Pro zvýšení spolehlivosti výsledku byla vynechána místa odběrů nad a pod soutoky toků.)

Zajímavou úlohu zde vykonávají nádrže — rybníky — bez ohledu na to, zda se nacházejí na přirozeném či ovlivněném úseku toku (obr. 4). V zásadě je lze rozdělit na dvě kategorie. V jedné dochází po průchodu vody nádrží k prudkému zvýšení hodnot pH o 0,2—0,6 a pod nádrží si voda déle podržuje vysoké hodnoty pH. V druhé kategorii nastává v nádrží mírný pokles hodnot pH o 0,1. Pod nádrží se hodnoty opět mírně zvyšují. Tyto změny souvisejí s velikostí nádrží a s dobou stagnace vody v nich. Ke zvýšení hodnot pH dochází v plošně poměrně velkých nádržích, kde voda stagnuje a zahřívá se. Důsledkem je rozvoj biochemických procesů, jež vedou ke zvýšení pH. Malé nádrže jsou průtočné a k podstatným změnám v nich nedochází. V průměru působují nádrže v oblasti zvýšení hodnot pH o 0,2.

Vlivy biosféry na hodnoty pH vody

Intenzita vlivu biosféry je těžko postizitelná pro sezónnost biologického makro- i mikrosvěta. Existují i velké rozdíly v biologické aktivitě a produkci biochemických látek mezi dnem a nocí. Statisticky by se daly vyjádřit vlivy druhové skladby lesa na pH vod pramenů a krátkých lesních úseků vodních toků. Lesní porosty ve sledované oblasti jsou však tvořeny převážně smrkovými monokulturami. Vlivy biologického mikrosvěta jsou často v úzké souvislosti s ostatními fyzickogeografickými faktory, např. s půdním edafonem v půdách, zoo- a fytoplanktonem v nádržích, eutrofizací planktonu na znečištěných úsecích, rozvojem organismů podle různé náročnosti na provzdušňování, podle rychlosti proudění a sklonu řečiště. Změny pH vod vyvolané biochemickými procesy jsou vlastně až výsledkem sekundárním, neboť prvním podnětem byly změny charakteristik neživých faktorů fyzickogeografické sféry a vlivy lidské činnosti.

Vlivy antroposféry na hodnoty pH vody

Ráz krajiny vykazuje silné zásahy člověka do přírodního prostředí. Celá studovaná oblast je využívána hospodářsky a rekreačně. Významnější sídla jsou lokalizována v plošším reliéfu starého zarovnaného povrchu (Jedlová, Dol. Jedlová, Hartmanice, Stašov, Rohozná, Bystré, Šestidomí, Manova Lhota, Čtyři Dvorce) na horních úsecích toků. Méně sídel je v úzkých, hluboce zaříznutých údolích (Hamry, Svojanov). Ze zemědělského hlediska patří

území do obilnářsko-bramborářské výrobní oblasti. Značná část zemědělské půdy (asi 1/4) je kryta trvalými travními porosty. Objekty živočišné výroby jsou většinou umístěny nad obytnou částí sídel a svými odpady přímo poškozují životní prostředí v nich. Vážnějším zemědělským zásahem do koloběhu vody jsou již zmíněné rybníky a intenzivní meliorování, hlavně napřimování toků a hloubení příkopů. Odvodněné plochy slouží jako pastviny. Přes velkou nadmořskou výšku je oblast značně odlesněná. Lesní komplexy pokrývají z části strmější svahy pahorků nad zarovnaným povrchem. Většinou však jsou koncentrovány do hluboce zaříznutých údolí hlavních toků v jejich dolních úsecích, kde velký sklon terénu brání osídlení i zemědělské činnosti. Industrializace je malá. Pouze v sídlech Bystré a Jedlová jsou významnější textilní podniky. Koncentrace osídlení, průmyslu i zemědělské výroby v oblasti málo vodných horních toků způsobuje, že tyto toky jsou různou měrou v poměrně malé vzdálenosti od pramene znečištěny, neboť žádné sídlo ani výrobní podnik nemá čistírnu odpadních vod.

Z velikosti rozdílů mezi dvěma místy odběru vzorků (případně přes jedno) lze soudit na velikost místních, nejčastěji vnějších vlivů, které na ovlivněných úsecích lze charakterizovat jako znečišťování. Rozdíly v pH mezi sousedními místy odběrů jsou většinou malé (pod 0,2). K větším změnám dochází až pod sídly, kde vyúsťuje kanalizace a dochází k vyhnívání organických látek z domovních, průmyslových a zemědělských odpadů. Skok hodnot pH způsobují rovněž rybníky. Rovněž na přirozených úsecích dochází k prudkým změnám hodnot pH, ale ty jsou způsobeny proměnlivostí přírodního prostředí. Zjištění jejich příčin by vyžadovalo podrobný výzkum. Místa s velkým skokem hodnot pH (na 400 m toku rozdíl $> 0,5$) na ovlivněném úseku lze nazvat ohnisky znečištění. Tato ohniska tvoří sídla a výrobní podniky. Velikost jejich vlivu je třeba chápat vždy relativně podle vodnosti příslušného toku.

VÝZNAM STUDIA HODNOT pH VODNÍCH ZDROJŮ

Velikost hodnoty pH indikuje znečištění vod a může vést k lokalizaci ohniska znečištění. Existují určité hranice, v nichž může probíhat život. Údaje jednotlivých autorů se v oblasti mikrobiální rozcházejí a pro život ryb vymezují interval od 5,0 do 9,0 (Czensny 1961, 32—33, Kubelka 1957, 42). Před rokem 1957 podal J. Bulíček in Kubelka 1957, 86 návrh čs. podmínek pro odpadní vody v mezích 6,0 až 8,0, které měly být zakotveny ve státní normě. Ve sledovaném území se vyskytly hodnoty pH nad 7,8 pod pěti ze sedmi důležitějších sídel na volném toku. Pouze v případě sídla Bystré lze vzhledem k velkému skoku hodnot pH na krátkém úseku předpokládat, že bodový zdroj znečištění měl pH vyšší než navrhovaná norma. V ostatních případech jde nejspíše o postupné vyhnívání nečistot. Totéž lze pozorovat i u chatové osady Hamry.

ZÁVĚR

Zákonnosti změn hodnot pH ve směru po toku řeky jako výsledek působení všech faktorů geografického prostředí ve sledované oblasti lze shrnout takto:

a) prameny:

1. Chemická reakce u pramenů s nízkou teplotou vody je bezesporu dána složením podložních hornin.

2. U teplejších pramenů se významněji uplatňuje chemismus okolních půd a vegetace prameniště.

3. Výsledkem působení faktorů uvedených ad 1 a ad 2 je zpravidla nižší pH než v libovolném místě níže po toku.

b) přirozený tok:

1. Voda v řečišti s malou změnou přenáší informaci z místa vyššího; pH se většinou mění pozvolně na delším úseku toku.

2. Vliv litosféry se omezil prakticky pouze na účinky sklonu řečiště; s rostoucím sklonem zpravidla klesá hodnota pH.

3. Zvýšení teploty vody ohřevem od vzduchu a stagnace vody v rybnících podněcují rozvoj biochemických procesů; růst hodnot pH zřejmě souvisí s růstem teploty vody.

4. Hodnoty pH na přirozeném úseku se pohybují kolem 7,0.

c) ovlivněný tok:

1. Vliv přírodních faktorů je antropogenní činností zatlačen do pozadí.

2. Prudké změny pH způsobuje znečištění toku odpadními produkty.

3. V sídlech pH prudce roste, na toku pod sídlem pozvolna klesá; tento cyklus se opakuje prakticky pod každým sídlem.

4. Voda si na dlouhých úsecích zachovává výraznou zásaditou reakci.

Ačkoli jde o oblast ležící v blízkosti hlavního evropského rozvodí, je více než polovina délky toků ovlivňována sídly. Každé další sídlo ležící níže na vodním toku intenzívně zesiluje antropogenní znečištění vody. Na člověku samotném tedy závisí, zda vodu znečistí tak, že se stane hospodářsky nevyužitelnou a vodní tok znehodnotí estetickou a rekreační stránku krajiny.

Boj se znečištěním je poměrně velmi nákladný, a proto již při výstavbě objektů s produkcí odpadů by se měl brát zřetel na činitele geografického prostředí, o nichž jsem se zmínil, tak, aby vzájemnou interakcí docházelo k neutralizaci vlivu znečištění nebo ke zrychlení samočištění. Univerzálním prostředkem k omezení znečištění je výstavba dokonalých čistíren odpadních vod.

LITERATURA

- Bulíček J. (1972): Povrchové vody v Československu a jejich ochrana. 1. vyd. Akademie. Praha, 356.
- Czensny R. (1961): Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. 2. vyd. DVG. Leipzig-429.
- Czudek T. a kol. (1973): Regionální členění reliéfu ČSR, 1 : 500 000. 1. vyd. GÚ ČSAV. Brno.

- ES (1972 a): Komplexní průzkum zemědělských půd ČSSR. (svazek JZD Jedlová), 1. vyd. Česká akademie zemědělská. Brno, 31.
- ES (1972 b): Základní půdní mapa 1 : 10 000. 1. vyd. Geodézie. Opava.
- Kolektiv (1958): Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správa geodézie a kartografie. Praha.
- Kolektiv (1975): Vyhodnocení agrochemických vlastností půd. ZSP. Svitavy.
- Kubelka V. (1957): Problém továrních odpadních vod. 1. vyd. SAV. Bratislava, 316.
- Pelíšek J. (1964): Lesnické půdoznalství. 2. vyd. SZN. Praha. 568.
- Svoboda J. a kol. (1963): Geologická mapa ČSSR, Mapa předčtvrtohorních útvarů (list M-33-XIII Česká Třebová, měřítko 1 : 200 000). Ústřední ústav geologický. Praha.

