

# ZKUŠENOSTI Z POUŽITÍ ATMOGEOCHEMICKÉHO PRŮZKUMU PŘI SLEDOVÁNÍ UHLOVODÍKOVÉHO ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD V UZBEKISTÁNU

**'Shavkat ABDULLAEV, Džachangir RASULOV,  
Kadir MINGBAEV**

'Shavkat ABDULLAEV, Džachangir RASULOV,  
Kadir MINGBAEV,  
Institut Hidroingeo, Taškent, Khodjibaeva 64,  
abdullaevs@mail.ru

**Abstract:** *An oil contamination is a big problem of each country in the world. The attention to these questions has recently begun to be paid even in the places where they haven't been solved before. The presumption for the opening of successful decontamination works is a highly sophisticated pollution description. It is necessary to know not only a pollution type of the escaped matters but also the quantity of theirs, the total area of the pollution, the way of the spreading, the time development and the pollution relation to the ground water. The atmogeochemical methods used in the contaminated areas in Uzbekistan have brought a lot of interesting findings. The concrete examples show how useful it is to watch not only hydrocarbons but also these measurements to be completed with the measurements of oxygen and carbon dioxide. It is possible to obtain a number of interesting findings by comparing the soil air chemical composition with the air gained close to the terrain surface.*

## Úvod

Údaje o únicích ropných produktů z nádrží, výrobních zařízení a pozemních produktovodů momentálně představují veřejný problémem a na jejich likvidaci se vyčleňují nemalé finanční prostředky a lidské síly. Přesto úplná likvidace následků takovýchto úniků se nedaří. Nejméně nebezpečným pro okolní prostředí je likvidace ropných produktů přepracováním v tomu určených zařízeních. Úniky jsou zpravidla na první pohled nepozorovány, protože se nešíří po povrchu země, ale prosakují do zeminového masívu a dále do podzemních vod a s ní se následně šíří propustnými vrstvami. Většinou uplyne mnoho let, než se ropné znečištění projeví a než se vyčlení nezbytné prostředky k jeho likvidaci.

Typickým příkladem takového problému je největší ropné znečištění v Uzbekistánu, znečištění v oblasti Altyarik – Bešalynského zdroje podzemních vod v blízkosti Fergany.

Toto znečištění způsobené úniky ropných produktů z Ferganské rafinerie bylo zjištěno v osmdesátých letech po více než třicetiletém provozu rafinerie. Průzkum ukázal, že na povrchu podzemních vod na ploše cca 4,5 km<sup>2</sup> „plave“ milion tun ropných látek. S cílem lokalizovat znečištění byla v roce 1992 uvedena do činnosti první řada čerpacích vrtů. Zakrátko se ukázalo, že tento systém je nákladný a málo efektivní. Kromě toho část odčerpaného znečištění se znovu dostávalo do země. Další průzkumné práce probíhaly v období přechodu na nový systém hospodářství. Proto bylo nutné přejít na ekonomický a operativní systém průzkumu ropného znečištění, který by umožnil získat maximum informací za minimální náklady. Jedním z takovýchto způsobů se ukázalo používání atmogeochemických metod průzkumu. Používání této metody dovolilo na řadě lokalit operativní řešení řady úloh, například sledování cest migrace znečištění, určení míst úniků ropných látek, konturování oblasti znečištění a určení celkové charakteristiky znečištění.

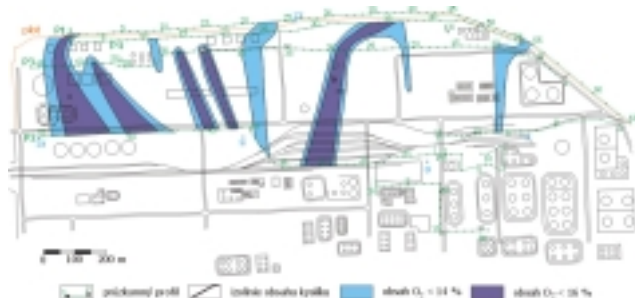
## Metodika sledování

První část metodiky sledování souvisí s odběrem půdního vzduchu a následné chemické analýzy vzorků. Druhá část souvisí s vyhodnocováním získaných podkladů. V počátku devadesátých let byla úzkostlivě používána směrnice VSEGINGEO [1998]. V posledních letech jsme se věnovali úpravě metodiky, a to jak změnám při odběru vzorků, tak i při interpretaci výsledků analýz.

Odběr půdního vzduchu je v Uzbekistánu prováděn následovně. V místě odběru se ručně vyhloubí vrt do hloubky jednoho metru. Do vrtu se zasune sonda o průměru 2 cm a délky 1,2 m. Sonda je zhotovena z nerezavějící oceli. Perforovaná část má ve spodní části speciální koncovku, která dovoluje na jedné straně její zatlukání a na druhé straně její vytažení po odběru vzorku. Prostor mezi sondou a stěnou vrtu se tamponuje hlinitým výplachem. Pro sání půdního vzduchu je sonda vybavena přepážkou a přes nátrubek je hadicí spojena s pumpou. Vzduch se odebírá do nádoby o objemu 0,2 l dočasně vyplněnou roztokem chloridu sodného. Před odběrem vzorku se zkontroluje hermetičnost celého zařízení. Předběžné čerpání zajistí „propláchnutí zařízení“ minimálně trojnásobným objemem čerpaného vzduchu než je objem celého zařízení. Teprve po tomto úkonu se odebere vzorek určený k dalším analýzám. Pro ujasnění vztahu zdroje znečištění a stupně znečištění ovzduší se odebírá i vzorek vzduchu těsně nad zemí. Celková váha odběrného zařízení je 25 kg. Tříčlenná polní skupina je schopná s tímto zařízením odebírat vzorky i v těžko dostupném terénu.

Analýza vzorků se provádí plynovou chromatografií, která dovolí určit koncentraci uhlovodíků převyšující hranici 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Vzorky byly analyzovány na obsah následujících uhlovodíků: CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Doplnkově byly sledovány i obsahy následujících plynů: H<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>. Interpretace výsledků chemických analýz probíhala následovně. Výsledky polních měření byly prvotně zpracovány – na sledovaných profilech se sestavila závislost koncentrace metanu, sumy těžkých uhlovodíků, kyslíku a oxidu uhličitého. Následně byly sestaveny mapy koncentrace jednotlivých plynů ve sledované oblasti (CH<sub>4</sub>, ΣC<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>). Koncentrace uhlovodíků byly uváděny v mg/m<sup>3</sup>, koncentrace CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub> v objemových procentech. Složení půdních plynů bylo porovnáváno se složením nejspodnější vrstvy atmosféry. Pro ocenění obecné ekologické situace byly získané údaje porovnány s hraničními hodnotami uhlovodíků.

Základní informaci o znečištění lze získat z obsahů CH<sub>4</sub> a ΣC<sub>n</sub>H<sub>m</sub>. Přesto analýza obsahu kyslíku a oxidu uhličitého ve vzorcích nám dala doplňkovou nezávislou informaci, kterou nebylo možné získat z analýz uhlovodíků. Vzhledem k tomu, že metan je lehký plyn, jeho obsah v půdních plynech se vyznačuje rychlými časovými změnami. Na druhé straně těžké uhlovodíky nemohou rychle opustit nasycenou zónu a proto jejich obsah je v čase dostatečně stabilní. Proto současná analýza CH<sub>4</sub> a ΣC<sub>n</sub>H<sub>m</sub> dovoluje určit typ znečištění. Nízká koncentrace metanu a současně vysoká koncentrace těžkých uhlovodíků hovoří o tom, že znečištění je staré, a že v nedávné minulosti se neprojevil přínos nových ropných



Obr. 1 Situace měření a obsah kyslíku v půdním vzduchu

látek. Současné zvýšení CH<sub>4</sub> i ΣC<sub>n</sub>H<sub>m</sub> signalizuje přítomnost blízkého stálého zdroje znečištění.

Je známo, že specifickým ukazatelem ropného znečištění je zvýšená koncentrace oxidu uhličitého v povrchové vrstvě (Pustozerev, 2001). Ropné látky v půdním vzduchu zvyšují bakteriální okysličování, jehož výsledkem je zvýšení obsahu CO<sub>2</sub>. Oxid uhličitý je těžší než vzduch a proto málo odvětrává do atmosféry, hůře než metan, a proto se může v nasycenové zóně shromažďovat. V práci [Rysulov et al., 2003] bylo dokázáno, že analýza obsahu kyslíku ve vzorcích dává doplňkovou nezávislou informaci. Při okysličování uhlovodíků se spotřebovává kyslík, a proto se jeho obsah v půdním vzduchu snižuje. Obsah kyslíku se v nasycenové zóně obnovuje difúzí z atmosféry. Spolu s tím, po ukončení okysličovacího procesu, obsah kyslíku se ve srovnání s obsahem oxidu uhličitého rychle vrací na původní hodnoty. Pro pravdivost tohoto tvrzení hovoří i vysoká mobilita molekul kyslíku ve srovnání s molekulami oxidu uhličitého.

Bez ohledu na to, že atmogeochemický průzkum dává množství informací o složení půdních plynů, jejich obsah ve vzorcích se může měnit podle hloubky odběru a hloubky hladiny podzemní vody, teploty, zvodnění, typu horniny, důkladnosti hermetizace a izolaci odběrného zařízení. Doplňme, že na výsledky analýz může mít vliv i celková doba průzkumu. Problém je v tom, že úniky ropných látek nejsou v čase stálé. Mění se také hladina podzemní vody a vektor rychlosti jejího proudění. Změny těchto parametrů v čase se projevují i na koncentraci plynů v odebraných vzorcích. Atmogeochemický průzkum byl proveden na lokalitě, kde se hladina podzemní vody měnila od 0,5 do 60 metrů, v podmínkách různých typů pokryvných útvarů, v obydlených oblastech a na plochách výrobních zařízení. Ve všech případech umožnil tento průzkum získat užitečné informace.

### Výsledky měření

Nejzajímavější výsledky byly získány při průzkumu Altıyık – Beşalynského znečištění, jehož jižní část se přimyká ferganské rafinerii (obr. 1). Geomorfologicky náleží toto území k vrchní části dejekčního kužele řeky Beşalyšsaj. Na obrázku 2 jsou křivky koncentrace CH<sub>4</sub>, ΣC<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> na profilu P1, které byly zjištěny v létě 2005. Východozápadní profil leží 20 metrů za vnějším plotem rafinerie. Hladina podzemní vody byla na základě vrtů v místě měření hlouběji než 50 metrů. Na profilu byly určeny tři zóny s anomálními hodnotami obsahu sledovaných plynů. Západní anomálie ležící na počátku profilu nebyla průzkumem přesně ohraničena. Extrémy všech křivek východní anomálie se nachází na jednom odběrném místě. Na střední anomálii extrémy křivek neleží na jednom bodu. O skutečné mocnosti dané cesty - migrace ropných látek je možné usuzovat podle plochy anomálie S:

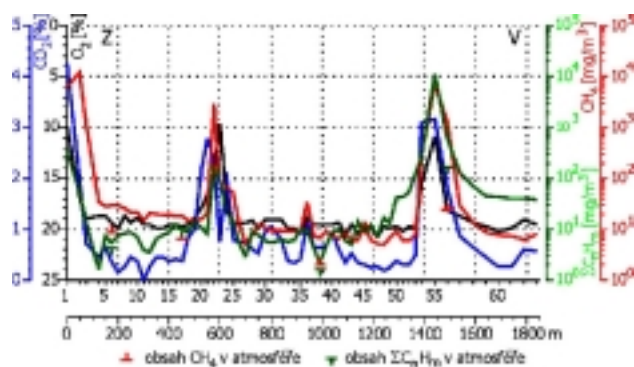
$$S = A * m,$$

kde A je amplituda koncentrace plynů,  
m je šířka anomálie v polovině jejího maxima.

Jednoduché výpočty ukázaly, že východní privilegovaná cesta přibližně pětkrát převyšuje mocnost střední cesty migrace ropných látek.

V létě 2001 pokryl průzkum plochu okolo 6,5 km<sup>2</sup> jižně od Ferganské rafinerie. Tehdy byla provedena měření i na profilu 1. Porovnání výsledků z roku 2001 a 2005 ukázalo, že centrální anomálie nezměnila svoji polohu a šířku. V té samé době byla východní anomálie určena pouze z křivky ΣC<sub>n</sub>H<sub>m</sub> a západní anomálie neexistovala. Získaná data hovoří o tom, že úniky ropných látek z rafinerie nejsou v čase konstantní. Výsledky průzkumu z roku 2001 byly porovnány s výsledky měření spontánní polarizace. Ukázalo se, že cesty migrace ropných látek souhlasí se základními směry proudění podzemních vod odvozenými z měření spontánní polarizace.

Byla zjištěna zajímavá zákonitost: cesty transportu ropných látek jsou totožné s anomálním obsahem kyslíku v nasycenové zóně. Obsah kyslíku se může snižovat až na 1 %. Tato zákonitost je pozorována při různé úrovni hladiny podzemní vody. Výsledky těchto měření jsou uvedeny na obrázku 1 formou izolinií koncentrace kyslíku v nasycenové zóně na severní straně zkoumaného areálu. Izolinie 16 % dobře vykresluje



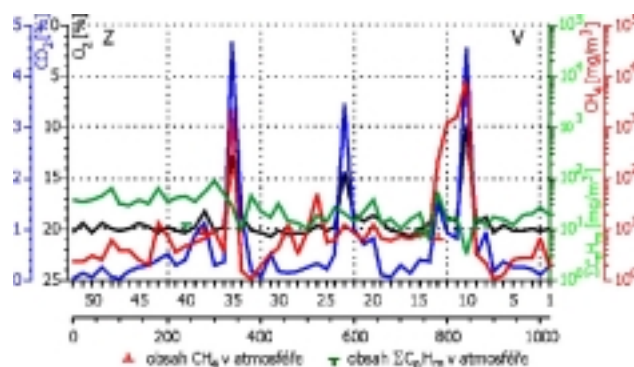
Obr. 2 Výsledky atmogeochemických měření na profilu P1

privilegovanou cestu úniku ropných látek. Nejmhutnější privilegovaná cesta leží v západní části a je doprovázen širokou anomálií poklesu  $O_2$  pod 14 %. Směry izolinií souhlasí se směry proudění podzemních vod.

O intenzitě oksyločení ropných látek si můžeme udělat obrázek z následující skutečnosti. Na jednom z bodů v areálu rafinerie, kde byl obsah kyslíku 17 %, byl ve vrstvě těsně nad povrchem obsah kyslíku 16 %, zatímco na ostatních bodech byl 20 %. V tomto bodě koncentrace metanu v objemových procentech přesahovala 27 %.

Všechny otázky požadované projektem atmogeochemických prací byly úspěšně vyřešeny díky tomu, že každý z analyzovaných plynů  $CH_4$ ,  $\Sigma C_n H_m$ ,  $O_2$  a  $CO_2$  umožnil získat nezávislé informace o sledovaném prostoru.

Pozornosti si zaslouží i údaje získané okolo a uvnitř rafinerie u města Angren, které byly získány v létě 2005. Získané údaje umožnily řešit nejen požadované úkoly, ale i určit privilegované cesty šíření kontaminace, které nebyly vázány na rafinerii. Na obrázku 3 jsou uvedeny křivky koncentrace plynů  $CH_4$ ,  $\Sigma C_n H_m$ ,  $O_2$  a  $CO_2$  na jednom ze sledovaných profilů. Profil ležel 20 metrů jižně od plotu rafinerie a hladina podzemní vody byla v hloubce 6 m. Křivka koncentrace metanu vyděluje dvě anomálie. Západní, ve staničení 35, je svázána s úniky ropných látek z areálu rafinerie a je potvrzena anomáliemi na dalších profilech. Mocnější východní anomálii ve staničení 10 – 13, způsobují úniky ropných látek ze zásobníků, které leží v sousedství rafinerie. Jak západní tak i východní anomálie zvýšeného obsahu metanu jsou doprovázeny anomáliemi  $CO_2$  a  $O_2$ . Údaje o kyslíku a oxidu uhličitém dovolily vyčlenit doplňkové zóny na bodech 20 – 24



Obr. 3 Výsledky atmogeochemických měření na profilu P9

a 38 – 39, ze kterých bylo možné odvodit, že transport ropných látek v těchto zónách proběhl v nedaleké minulosti.

### Závěr

Výzkum provedený atmogeochemickou metodou na různých lokalitách ukázal její operativnost a nízké finanční nároky. Geochemická prospekce dovolila řešit základní otázky o určení stupně znečištění, určit cesty proudění ropných látek, najít a konturovat čocky ropných látek na hladině podzemní vody a najít místa úniků ropných látek.

Provedené práce ukázaly, že anomálie kyslíku a oxidu uhličitého dobře ukazují transport ropných látek. Tyto anomálie často nebyly doprovázeny anomáliemi metanu a z provedených prací vyplývá, že identifikují místa nedávné migrace ropných látek. Čas mezi migrací ropných látek a vyhledáváním takovýchto anomálií se může pohybovat od několika dní do několika měsíců. Určování množství kyslíku v nesaturované zóně ukázalo, že nejintenzivnější oksyločování ropných látek probíhá v místech výrazného proudění podzemních vod.

### Literatura

- Abdullaev B. D.: Formování a rozšiřování aureol znečištění pozemních vod olejovými produkty ropných látek., Autoreferát kandidátské disertační práce, Taškent, 1998, s. 1–23.
- Metodické doporučení Pro zjištění a ocenění znečištění podzemních vod., VSEGINGEO, Moskva, 1998.
- Pustozarov M. G.: Komplex geofyzikálních metod pro určování znečištění geologického prostředí ropnými látkami., Geologie, inženýrská geologie, hydrogeologie, geokryologie, 2001, No 4, s. 375–384.