

Aktivní uhlí - technologie pro úpravu pitných a bazénových vod

Jaroslav Kopecký

Klíčová slova

Aktivní uhlí – mikropóry – transportní póry – reaktivace – úprava pitných vod - úprava bazénových vod

Souhm

Filtrace přes aktivní uhlí patří mezi technologie, která je v poslední době stále častěji používána pro zkvalitnění úpravy pitných a bazénových vod. Aktivní uhlí je vysoce porézní uhlík s obrovským vnitřním povrchem - transportními póry, které slouží k „přísunu“ nežádoucích látek a mikropóry, kde se odehrává vlastní „odstraňování“, tj. adsorpce nebo katalytický rozklad. Aktivní uhlí se používá k zlepšování organoleptických vlastností, odstraňování převážně organických sloučenin, katalytickému rozkladu ozónu, chlóru a chlórdioxidu. Po vyčerpání sorpčních vlastností lze aktivní uhlí reaktivovat a dále používat. Aktivní uhlí se vyrábí z černého uhlí, kokosových skořápek, dřeva, rašeliny a dalších vhodných materiálů.

Aktivní uhlí

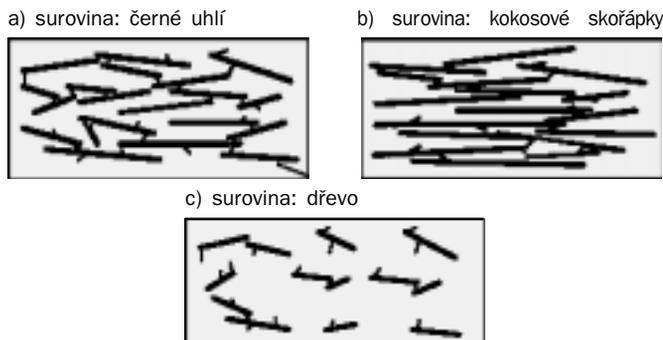
Aktivní uhlí je vysoce porézní uhlík s mimořádně velkým vnitřním povrchem (ca 400-1500 m²/g) [1]. Je to je soubor grafitových destiček, jejichž vzájemná vzdálenost tvoří vnitřní povrch - **póry**: Rozeznáváme **mikropóry** (< 2 nm), kde se odehrává adsorpce převážně organických látek (lze je přirovnat k parkovištím, kde zaparkujeme = sorbujeme své automobily) a **transportní póry** (makropóry > 50 nm a mesopóry 2-50 nm; lze je přirovnat k dálnicím a silnicím, po kterých jezdí automobily k parkovištím) [2], které umožňují přístup organických molekul k aktivním centrům aktivního uhlí - mikropórům.

Četnost výskytu mikropórů a transportních pórů určuje vlastnosti aktivního uhlí a jeho vhodnost či nevhodnost pro úpravu pitných vod. Pro „správný“ **poměr mikropórů a transportních pórů** je rozhodující materiál, ze kterého se aktivní uhlí vyrábí. **Struktura aktivního uhlí** vyrobeného z černého uhlí je jiná než struktura aktivního uhlí vyrobeného z jiných materiálů, např. z kokosových skořápek nebo dřeva.

Aktivní uhlí vyrobené z černého uhlí má většinou vhodný poměr mikropórů a transportních pórů, zatímco u aktivního uhlí vyrobeného z kokosových skořápek výrazně převažují mikropóry, u aktivního uhlí vyrobeného z dřeva makropóry (obr. 1) [3].

Aktivní uhlí vyrobená z černého uhlí jsou mnohem vhodnější pro aplikace ve vodárenství než aktivní uhlí vyrobená z kokosových skořápek, která i při vyšším jodovém čísle a celkovém povrchu mají nižší sorpční schopnost, což se obvykle projevuje nižší účinností a životností [4].

Obr. 1: Aktivní uhlí vyrobená z a) černého uhlí, b) kokosových skořápek, c) dřeva



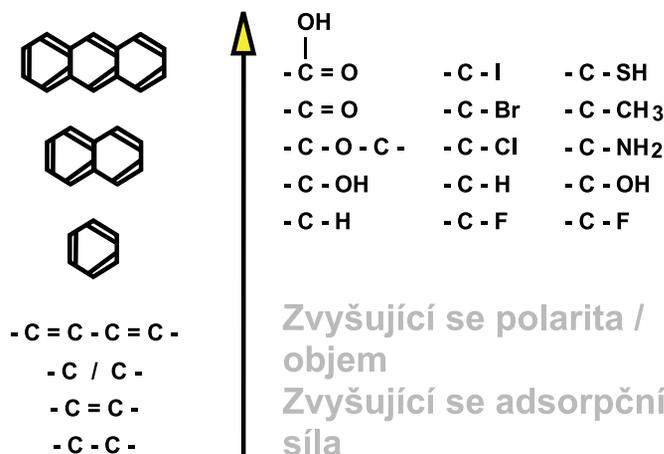
Faktory ovlivňující adsorpci

Všechny látky jsou do určité míry adsorbovatelné. Nejlépe adsorbovatelné látky jsou organické sloučeniny a anorganické látky s větší molekulovou hmotností (rtuť, jód).

Adsorbovatelnost látek obecně stoupá se vzrůstající molekulou

vou hmotností, polaritou molekul, počtem dvojných vazeb a funkčních skupin (obr. 2).

Obr. 2: Adsorpční síly organických sloučenin



Zvyšující se polarita /
objem
Zvyšující se adsorpční
síla

Typy aktivního uhlí

Podle tvaru a velikosti dělíme aktivní uhlí na práškovou, granulovanou (zrněná), extrudovanou (válečková) a tkaninovou. Pro kontinuální úpravu pitných a bazénových vod se převážně používají granulovaná (zrněná) aktivní uhlí, pro nárazové odstraňování organických polutantů prášková aktivní uhlí. Extrudovaná (válečková) a tkaninová aktivní uhlí se obvykle používají pro čištění plynné fáze.

Parametry aktivního uhlí

Parametry charakterizující aktivní uhlí jsou [5]:

- **velikost částic** (mesh size). Důležitá je garance distribuce velikosti částic aktivního uhlí (např. u typu Filtrasorb 100 výrobce Chemviron Carbon garantuje, že průměrná velikost částic je 1.6 mm, ne více než 15 % je větších než 2.36 mm a ne více než 4 % je menších než 0.60 mm). Distribuce velikosti částic je důležitá pro správný návrh provozních průtoků vzhledem k tlakové ztrátě a doby kontaktu upravované vody s aktivním uhlím a pracích rychlostí.

- **koeficient stejnoměrnosti** (uniformity coefficient) je indikátorem distribuce velikosti částic aktivního uhlí. Čím je hodnota menší, tím je rozdíl velikosti největších a nejmenších částic menší. Tento parametr má význam pro konverzi pískových filtrů, tj. náhradu filtračních písků aktivním uhlím.

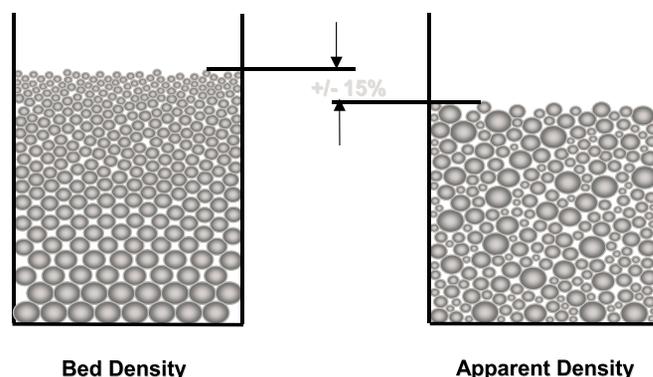
- **hustota** (density). Rozeznáváme sypanou hmotnost (**apparent density**), což je max. hustota po vibračním setřesení, „**bed density**“ (v případě pitné vody se nazývá „backwashed & drained density“), která se používá pro přepočet objemu a hmotnosti aktivního uhlí. Další typy hustot jsou „particle density“, „bulk density“, „real density“.

Rozdíl mezi běžně udávanou sypanou hmotností a hustotou „bed density“ je ca 15 % pro aktivní uhlí vyrobená z černého uhlí (obr. 3).

- **Celkový povrch** (total surface area; BET) v m²/g. Větší část celkového povrchu se nachází v mikroporech, které jsou „odpovědné“ za adsorpci. Tento parametr má význam hlavně v plynné fázi, pro úpravu vod má omezenou vypovídací hodnotu, protože nepopisuje obsah **mikropórů a transportních pórů** v aktivním uhlí. **Transportní póry** jsou odpovědné za „přísun“ molekul polutantů k mikropórům, kde se odehrává adsorpce.

- **Jódové číslo** (iodine #) částečně charakterizuje sorpční vlastnosti aktivního uhlí. Tento parametr indikuje celkovou porozitu, ale

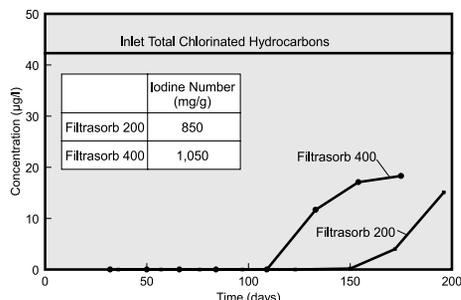
Obr. 3: Porovnání hustot „bed density“ a „apparent density“



zcela nevyhoví o sorpčních vlastnostech aktivního uhlí ve vodárenství. Jako příklad uvádím Filtrasorb 400 (j.č. min 1050), které má nižší životnost pro chlorované uhlovodíky než Filtrasorb 200 (j.č. min 850). Oba typy jsou vyrobeny z černého uhlí (**obr. 4**).

- **Dechlorační půlhodnota** (chlorine half length), která vyjadřuje účinnost a životnost aktivního uhlí při odstraňování silných oxidačních látek typu **ozón**, **chlórdioxid** nebo **chlór**. Princip odstraňování oxidačních látek (kombinace katalýzy rozkladu oxidačního činidla a reakce na povrchu aktivního uhlí) je odlišný od odstraňování (adsorpce) organických polutantů (např. snižování CHSK).

Obr. 4: Chlorinated Hydrocarbons & Filtrasorb 200&400



Čím **nižší je dechlorační půlhodnota**, tím je **aktivní uhlí účinnější** a má **delší životnost** pro odstraňování oxidačních látek typu ozón, chlórioxid nebo chlór. **Dechlorační půlhodnota** je výška sloupce aktivního uhlí v cm, na kterém se sníží koncentrace chlóru ve vodě na 50 % (z 5 ppm na 2,5 ppm při lineární rychlosti 36 m/h).

- **Otěr** (abrasion) je indikátorem mechanické pevnosti granulovaného (zrněného) aktivního uhlí v kapalné fázi s ohledem na zmenšení průměru. K otěru dochází při plnění do filtrů, praní a reaktivaci.

- **Tvrdość** (hardness) udává, kolik aktivního uhlí zůstane na příslušném síti po analýze velikosti částic. Tento parametr je vhodný pro aplikace v plynné fázi, nikoli v kapalné, protože vyjadřuje mechanickou pevnost jednoho rozměru granule (zrna) aktivního uhlí a ne zmenšení průměru.

Parametry „**otěr**“ a „**tvrdost**“ nelze zaměňovat, protože v čísel-

ných hodnotách je velký rozdíl. Např. pro aktivní uhlí Filtrasorb 100 je garantovaný otěr >75, typický 85, zatímco tvrdost je 95.

- **Obsah popela** (ash content) nemá ve vodárenství praktický význam. Tento parametr má význam pro speciální aplikace, např. čištění parních kondenzátů, kde je důležitá vodivost. V těchto případech se obsah popela snižuje promytím aktivního uhlí kyselinou nebo louhem (ve výrobním závodě nebo přímo u zákazníka).

- **Obsah vody při balení** (moisture as packed). Tento parametr má obchodní význam, protože udává, kolik zákazníků platí za vodu a kolik za aktivní uhlí.

Reaktivace

Po vyčerpání sorpčních vlastností je aktivní uhlí nutno vyměnit za nové nebo ho reaktivovat. **Reaktivací** neboli přepracováním (**obr. 5**) rozumíme odběr aktivního uhlí v úpravně vody obvykle speciální autocisternou, transport do reaktivčního závodu, vlastní reaktivaci prováděnou zahříváním na různé teploty, doplnění úbytku aktivního uhlí při reaktivaci novým aktivním uhlím, transport zpět k zákazníkovi speciální autocisternou a naplnění do filtrů. Vlastní reaktivace zahrnuje 4 stupně: sušení; desorpce těkavých organických sloučenin při teplotách do 250 °C; pyrolýza a karbonizaci netěkavých organických sloučenin při teplotách do 750 °C a aktivaci při ca 800 °C, tj vytvoření velkého vnitřního povrchu.

Sorpční vlastnosti reaktivovaného aktivního uhlí jsou prakticky stejné jako u nového aktivního uhlí [6]. Cena reaktivace, která je zpravidla výrazně levnější než u nového aktivního uhlí, zahrnuje výše uvedený postup (odebrání, transport, vlastní reaktivace, transport zpět, naplnění).

Návrh aktivního uhlí (AU)

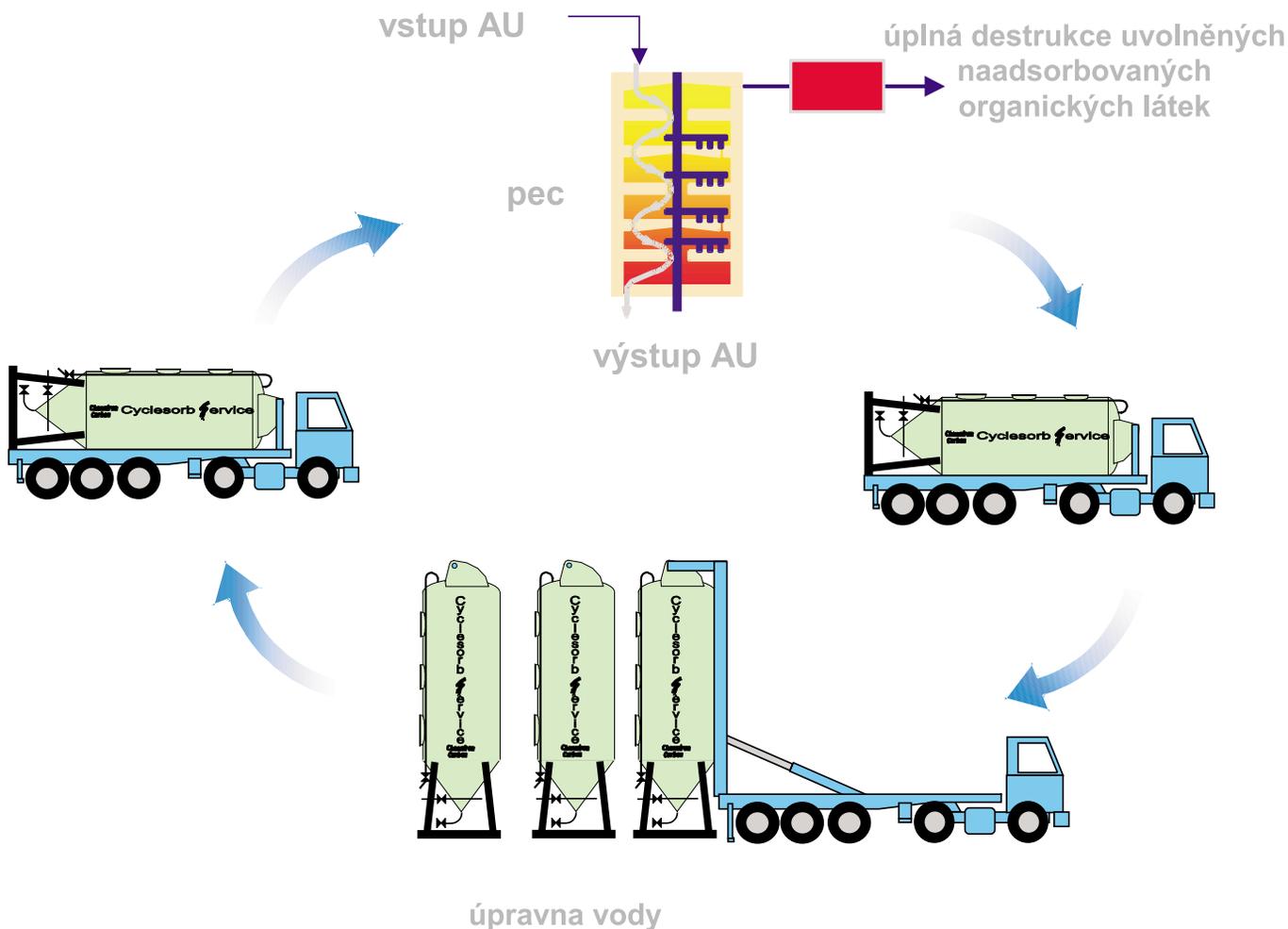
Důležitými parametry jsou kontaktní doba a lineární rychlost proudění upravovaného media [3]. Tyto parametry charakterizují rovnice (1) a (2).

$$\text{Kontaktní doba [min]} = \text{Objem AU [m}^3\text{]} \cdot 60 / \text{průtok [m}^3\text{/h]} \quad (1)$$

$$\text{Lineární rychlost [m/h]} = \text{průtok [m}^3\text{/h]} / \text{průřez [m}^2\text{]} \quad (2)$$

Z rovnice (1) lze při známém průtoku a odhadu vhodné kontaktní doby spočítat objem aktivního uhlí. V **tabulce 1** jsou uvedeny přibližné kontaktní časy a doba životnosti aktivního uhlí. Tyto hodnoty zhruba platí pro aktivní uhlí řady Filtrasorb (výrobce Chemviron Carbon, aktivní uhlí vyrobená z černého uhlí).

Obr. 5: Reaktivace aktivního uhlí



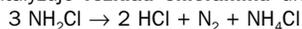
Tab. 1: Kontaktní doby a životnost pro různé aplikace

	Kontaktní doba [min]	Životnost [roky]
Zlepšování organoleptických vlastností	6 – 12	2 – 4
Odstraňování pesticidů	10 – 15	1 – 3
Odstraňování huminových látek & trihalomethanů	15 – 30	1.5 – 3
Chlorované uhlovodíky	10 – 20	0.5 – 1.5
Dechlorace	4 – 8	1 – 2
Rozklad chlóraminů – Centaur	4	

Aktivní uhlí pro úpravu bazénových vod

Pro úpravu bazénových vod se používají granulovaná (zrněná) aktivní uhlí běžně používaná ve vodárenství, a to zejména pro **zlepšování organoleptických vlastností** a **snižování koncentrace organických látek**.

Pro **snižování koncentrace chlóraminů** se používají speciální neimpregnovaná katalytická aktivní uhlí. Např. **Centaur CDC**, které katalyzuje **rozklad chlóraminů** dle rovnice [7]:



Chlóramin v bazénových vodách vznikají jako vedlejší produkty dezinfekce chlórem oxidací organických látek. Způsobují **zdravotní problémy** – dráždí oči a dýchací trakt a nepříjemně zapáchají. Jsou **korozivní**, což má dopad na korozi zařízení bazénů včetně ventilace.

Ing. Jaroslav Kopecký, CSc., Jako, s.r.o.

Družstevní 72, 250 65 Líbeznice

tel.: (+420) 603 416 043, (+420) 283 981 432

fax: (+420) 283 980 127

e-mail: jako@jako.cz, web: www.jako.cz

Literatura

[1] K. Ciahotný: Vlastnosti, výroba a použití uhlíkatých sorbentů, VŠCHT, Praha, 1995.

[2] A. Capelle, F. de Voys: Activated carbon ... a fascinating material. Norit N.V., Amersfoort, 1983.

[3] Granular Activated Carbon for Drinking Water Treatment. Chemviron Carbon.

[4] B. Pinker, W.D. Henderson: The Influence of Raw Material on the performance of Granular Activated Carbon Used for the Treatment of Potable Water, Proceedings of Journees Informations Eaux, Portiers, France, September 18-20, 1996.

[5] Characterisation of Activated Carbon. Chemviron Carbon.

[6] B. Pinker, W.D.: Význam reaktivace granulovaného aktivního uhlí používaného pro úpravu pitné vody. Vodní hospodářství 47 (5), 166-168, 1997.

[7] J. Gyselinck, R. Senten: Combined chloramine control in covered circulation pools by Centaur CDC a catalytic activated carbon. KVIV swimming pool conference, Antwerp, 1998.

Key Words

Activated carbon – Micropores – Transport pores – Reactivation – Drinking water treatment - Swimming water treatment

Activated Carbon - Technology for Drinking and Swimming Water Treatment (Kopecký J.)

Filtration through activated carbon belongs to a technology that is recently more frequently used for drinking and swimming water treatment. Activated carbon is porous material with large surface made up of a random structure of graphite platelets. It consists of transport pores that are used for supply of undesirable compounds to micropores where adsorption or catalytic decomposition occurs. Activated Carbon is used for taste and odor removal, organics removal, and catalytic decomposition of ozone, chlorine, and chlordioxide. After lifetime is finished activated carbon could be reactivated and father used. Activated carbon is produced from coal, coconut shells, wood, peat, and other suitable materials.