



LEARNING TOXICOLOGY  
THROUGH OPEN EDUCATIONAL

# ХЛОРИРАНИ ПАРАФИНИ С КЪСА ХИМИЧНА ВЕРИГА (SCCPs)

Ileana MANCIULEA, Lucia DUMITRESCU

Transilvania University of Braşov

[i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro), [lucia.d@unitbv.ro](mailto:lucia.d@unitbv.ro)



Erasmus+

This work is licensed under a Creative  
commons attribution – non commercial 4.0  
international license



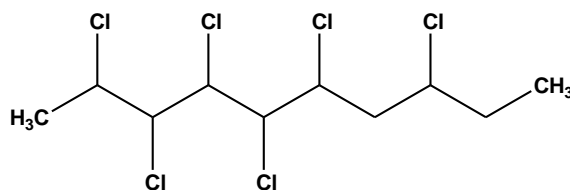
## ВЪВЕДЕНИЕ

Хлорираните парафини с къса верига SCCP са хлорирани производни на алифатни въглеводороди n-алкани, които показват висока устойчивост, биоакумулативни и токсични свойства (PBT). Хлорираните парафини първоначално се произвеждат в търговската мрежа през 1930 г. и се използват като пластификатори (в бои, гума, поливинилхлорид), забавители на горенето, смазочни масла, като добавки (в метални течности и уплътнители) и др. SCCP са широко изследвани, поради сравнително високия си потенциал на асимилация и натрупване в околната среда и в живите организми. Отделянето на SCCP може да възникне по време на производство, съхранение, транспортиране, промишлена употреба, изхвърляне и изгаряне на отпадъци. Чрез изгаряне на химически продукти или отпадъци, съдържащи SCCP, могат да възникнат PCBs и PCNs. Световното разпространение на SCCP от производството и употребата е между 1935 и 2012 г.: а) на въздуха (1690-41,400 т); б) на повърхностните води (1660-105000 т); в) на почвата (9460-81000 т). В момента световното производство на общи ХПКВ - SCCP надхвърля 1 милион тона годишно. Китай е най-големият производител и потребител на СЗ в света. (Glüge et al., 2016). SCCP са най-важните по отношение на разпределението на околната среда и потенциалното устойчивост в различните матрици, биоакумулация и токсични свойства (Friden et al., 2011, Стокхолмска конвенция, 2016), които разпознават свойствата на PBT и дългосрочния потенциал за пренос на SCCPs в глобална програма за ограничения.

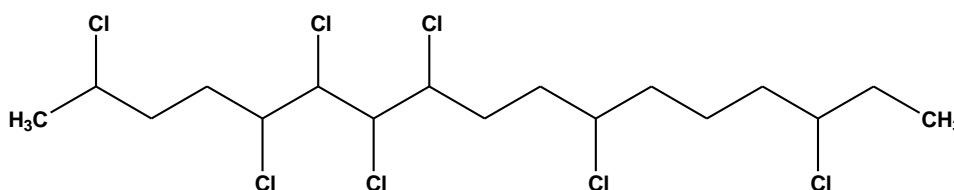
## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НА ХПКВ/SCCPs

Техническите SCCPs смеси се състоят от хиляди компоненти (Serrone et al., 1987) и поради големия брой изомери е трудно да се осигурят аналитични методи за техния количествен анализ.

Клонираните хлорирани парафини с къса верига са хлорирани производни на n-алкани с 10 до 38 въглеродни атома в структурата им и съдържание на хлор между 30% и 70% тегловни. КПКХ варират в техните дължини на веригата, степента на хлориране и разпределение в околната среда. На базата на дължините на веригата SCCP са разделени на три основни категории, къси (C10 - C13), средни (C14 - C17) и дълговерижни (C18 - C30). Като се има предвид тяхната степен на хлориране, тя е ниска при 50% хлориране и висока при (> 50%) хлориране (Тому et al., 2000).



**2,3,4,5,6,8-hexachlorodecane**, пример на хлориран парафин  
(61% Cl теглово)



**2,5,6,7,8,11,15-heptachloroheptadecane**, пример на хлориран парафин със  
средна химическа верига (52% Cl теглово)

В Table 1 са представени някои физико-химични свойства на SCCPS

Поради тяхното налягане на парите (стойности  $(2,8 \times 10^{-7}$  до  $0,5 \text{ Pa})$ , SCCP са съединения, за които е известно, че са подложени на дълготраен атмосферен транспорт (LRAT). Стойностите на правните константи на Хенри за C10-12 SCCPs са подобни на тези на някои хлорирани пестициди (хексахлорциклохексан, токсафен) и се определя по разделянето от водата във въздуха или от влажните почви във въздуха в зависимост от условията на околната среда и концентрациите. Степента на топене на SCCP се увеличава с увеличаване на дължината на въглеродната верига и с увеличаване на съдържанието на хлор, SCCP (с 40% хлор) са безцветни до жълтеникави течности и бели твърди вещества (при 70% хлор) с (температура на омекване около  $90^\circ \text{C}$ ).

Table 1. Съответни физико-химични свойства

Свойство	Стойност
Налягане на парата (Pa)	0.028 to $2.8 \times 10^{-7}$ Pa
	0.021 Pa at $40^\circ \text{C}$ (SCCP с 50% хлор)
	$1.4 \times 10^{-5}$ to 0.066 Pa at $25^\circ \text{C}$ (SCCP с 50-60% хлор)
Henry's Law Constant ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ )	0.7 - $18 \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{mol}$
Растворимост във вода ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	400 - 960 $\mu\text{g}/\text{L}$ , (C10-C12 хлорирани смеси)
	6.4 - 2370 $\mu\text{g}/\text{L}$ , C10 – C13 хлорирани смеси)
	150 to 470 $\mu\text{g}/\text{L}$ , at $20^\circ \text{C}$ , (SCCPs с 59% хлор)
$\log K_{OW}$	4.48 – 8.69
	4.39-5.37, (SCCPs с 49-71% хлор)
$\log K_{OA}$	4.07 - 12.55, (SCCP с 30-70% хлор) (моделирани стойности)

Source: Stockholm Convention, 2016

КХПК имат много ниска разтворимост във вода, варираща от 22,4 до 994  $\text{mg} / \text{L}$  за някои от смесите с къси вериги. Коефициентите на разпределение на октанол / вода ( $K_{OW}$ ) за SCCPs са от 5.85 до 7.14 (Tomy et al, 2000, Hilger et

al., 2011). Много ниската разтворимост във водата и ниското налягане на пара от SCCPs определят тяхната ниска мобилност в околната среда. Данните от мониторинга от Швеция и Обединеното кралство показват ниски нива на замърсяване във водни седименти, водни и сухоземни организми, търговски храни и известно разпръскване на въздуха (правителството на Канада, 2009 г.).

## УСТОЙЧИВОСТ НА SCCPs

### УСТОЙЧИВОСТ ВЪВ ВЪЗДУХ

Тъй като атмосферният им полуживот е по-дълъг от 2 дни, ККПП обикновено се считат за устойчиви и класифицирани с потенциал за трансграничен атмосферен транспорт на далечни разстояния (LRTAP) (Стокхолмската конвенция от 2016 г.). Те също така могат да бъдат транспортирани като суспендирани частици във водата и праховите частици във въздуха. В отделни проби от въздух, събрани на островите във високата арктика, в концентрации в диапазона от 1 до 8,5  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  в проби от газова фаза бяха установени SCCPs. Въпреки че SCCPs не се разграждат чрез директна фотолиза във въздуха, те ще бъдат подложени на атака чрез хидроксилни радикали в тропосферата (Koh and Thiemann, 2001).

### УСТОЙЧИВОСТ ВЪВ ВОДА

Във водната фаза скоростите на хидролиза, фотолиза с видимо или почти UV лъчение, окисляване и изпаряване са незначителни при температури на околната среда. Проучванията показват, че разграждането с микроорганизми е възможно благодарение на способността на аеробни микроорганизми да окисляват хлорираните парафини, в зависимост от тяхната аклиматизация, дължината на веригата и степента на хлориране (Hilger et al., 2011, Government of Canada 2009). Не се очаква SCCPs да се разграждат значително чрез абиотични процеси като хидролиза. Ко и

Thiemann показват, че SCCP смесите претърпяват бърза фотолиза в ацетон-вода с полуживот от 0.7-5.2 часа. Времето на полуразпад на 52% хлор по SCCP в чиста вода при същите условия е 12,8 часа и фотопродуктите включват n-алкани. Тези резултати предполагат, че фотолизата на слънчевата светлина може да бъде значим път на разграждане на някои SCCPs.

## УСТОЙЧИВОСТ В ПОЧВА И СЕДИМЕНТ

Остатъците от SCCP в утайките от езерата Winnipeg, Manitoba и Yukon показват, че остатъците са налични в резени от дата 1947 и остатъци от SCCP в утайките, наблюдавани в езерото Онтарио от 1949 г. Фактът, че остатъците от SCCP са открити в утайките от 40-те години на миналия век, е доказателство, че SCCPs могат да продължат да съществуват в седимент (Muir et al 2000, Стокхолмската конвенция, 2007 г.).

## BIOACCUMULATION OF SCCPs

Наблюдавано е наличието на SCCPs в тъканите на китове и морж от Artic Islands, Гренландия при концентрации от 199 до 626 ng / g влажна маса. Наблюдавано е, че профилите на концентрацията на арктическите морски бозайници показват преобладаване на по-късите конгенери с дължина на въглеродната верига C10 и C11 (Tomy et al., 2000). Индивидуалните SCCPs конгенери са имали полуживот в пъстървата (7 до 53 дни), по-кратки от тези за конгенерите на PCB в проучвания при същите условия (Muir et al., 2000). Факторите за биоакумулиране (BAFs) за хомоложните групи от SCCPs в западното езеро Онтарио в пъстървата са от 114 до 444 дни (виж Таблица 2).

**Table 2.** Фактори на биоаккумуляция за SCCPs в речна пъстърва в езеро Западно Ontario

Хомология	Концентрация във вода (ng/l)	Концентрация в речна пъстърва <sup>a</sup> ng/g мокро тегло	BAF <sub>ww</sub>
C10	0.16	3.4	21 250
C11	0.48	18.3	38 125
C12	0.98	33.6	34 286
C13	0.09	10.3	114 444
ΣC10–C13	0.18	65.7	36 500

<sup>a</sup> Концентрация на цяла риба (wet weight), Source: Muir et al. 2000.

Хлорираните додекани (C12) са най-често срещаните КХП в езерото и рибите. Най-високите BAF се наблюдават за тридекан (C13). Общата стойност на BAF за SCCPs (C10-13) в езерна пъстърва от западното езеро Онтарио е 36 500. Отчетените фактори за биоконцентрация (BCF) за SCCP варират между различните видове, вариращи от <1 в морските водорасли до 140 000 в обикновените мекотели. Коефициентите на разпределение на октанол / вода (K<sub>ow</sub>s) за SCCP варират при рибите и мекотелите от 5,06 до 8,12. (Tomy et al., 2000).

## ИЗТОЧНИЦИ НА ЧОВЕШКА ЕКСПОЗИЦИЯ

Не е известно, че хлорираните парафини (включително SCCPs) се срещат естествено (правителството на Канада, 2009 г.). Двата основни източника на освобождаване на ХПКВ в околната среда са по време на тяхното производство и тяхното използване. По време на производството повечето емисии са в отпадни води и в атмосферния въздух и могат да достигнат до

морската среда чрез реки и атмосфера. Наблюдават се ХПКВ и седименти и повърхностни води в реките, езерата, моретата, въздуха и почвата, разпространени с шлага от отпадъчни води (Стокхолмската конвенция от 2016 г.). ККПК са втората най-богата група от съединения, измерени във въздуха във вътрешността на домовете във Франция (концентрация на 45  $\mu\text{g g}^{-1}$  прах (Bonvallot et al., 2010 г.) Основният екологичен източник на експозиция на човека е храната и в по-малка степен при питейна вода (Harada et al., 2011). Нивата в храната от 30 до няколко хиляди  $\mu\text{g / kg}$  SCCP са измерени при шаран (Hamilton Harbour) и пъстърва (Lake Ontario и Michigan River) (Tomy et al., 2000; В оценката на ЕС (Европейска комисия, 2005 г.) се приема, че човешката приемна стойност от 20  $\mu\text{g / kg}$  телесно тегло на ден е разумна в най-лошия случай.

## ВЪЗДЕЙСТВИЯ ВЪРХУ ЧОВЕШКОТО ЗДРАВЕ SCCPs

### Опасност за здравето

По-голямата част от излагането на хора на ХПКВ е резултат от консумацията на храна и от известна експозиция в резултат на вдишване и контакт с кожата (Стокхолмската конвенция от 2016 г.). Представена е ограничена информация относно токсикокинетиката на SCCPs, свързани с дължината на веригата и степента на хлориране и орална експозиция. Абсорбция (до около 60%) се получава при перорално приложение, като високата абсорбция се свързва с ниско хлорирани съединения. Абсорбираните SCCPs се разпределят в тъкани с висока метаболитна активност и / или висок процент на клетъчна пролиферация след орално дозиране. В сравнение с други хлорирани съединения (ПХБ, пестициди и т.н.), ККПК проявяват по-малко остри и хронични токсични ефекти, по-ниска репродуктивна и ембриотоксичност при птици и бозайници (Tomy et al., 2000).

Документите за рисковия профил, свързани с човешкото здраве и околната среда, свързани с ХПКВ, съобщават, че са много токсични за водните организми. КХП може да причини токсикологични ефекти при



бозайниците и да повлияе върху черния дроб, тироидната хормонална система и бъбреците, причинявайки тироидна хиперактивност, която в дългосрочен план може да доведе до канцерогенност в тези органи. ККПК също се класифицират като подозирани за причиняване на рак и са включени като вещества с ендокринно разстройство от категория 1 за човешкото здраве. През 2009 г. ЕРА препоръчва дневните дози на SCCPs за общата популация да не надвишават 11 µg / kg телесно тегло за протекция срещу неопластични ефекти.

## REFERENCES

1. Bonvallet N., Mandin C., Mercier F., Le Bot B. and Glorennec P., Health ranking of ingested semivolatile organic compounds in house dust: an application to France, *Indoor Air*, 20, (2010).
2. EC (European Commission) 2005. Risk profile and summary report for short-chained chlorinated paraffins (SCCPs). Dossier prepared from the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Protocol on Persistent Organic Pollutants. European Commission, DG Environment.
3. Friden, U.E. McLachlan, M.S., Berger, U. Chlorinated paraffins in indoor air and dust: concentrations, congener patterns, human exposure, *Environ. Int.*, 37 (2011).
4. Glüge, J. Wang, Z. Bogdal, C. Scheringer, M. Hungerbühle. K. Global production, use, and emission volumes of short-chain chlorinated paraffins, minimum scenario. *Science of The Total Environment*, Volume 573, (2016).
5. Government of Canada. **2009**. Consultation Document on the Proposed Risk Management Measure for Chlorinated Paraffins).
6. Harada, K.H. Takasuga, T. Hitomi, T. Wang, P Matsukami H. Koizumi.A. Dietary exposure to short-chain chlorinated paraffins in Beijing, China. *Environmental. Science Technology*, 45 (2011).

7. Hilger, B. Fromme, H. Volkel, W. Coelhan. M. Effects of chain length, chlorination degree, and structure on the octanol-water partition coefficients of polychlorinated n-alkanes, *Environmental Science and Technology*, 45, (2011).
8. Houde, M. Muir D.C., Tomy G.T., Whittle D.M., Teixeira, Moore. C. S. Bioaccumulation and trophic magnification of short- and medium-chain chlorinated paraffins in food webs from Lake Ontario and Lake Michigan. *Environ. Science and Technology*. 42 (2008).
9. Koh, In-Ock, Thiemann, W.H.-P. Study of photochemical oxidation of standard chlorinated paraffins and identification of degradation products. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 2001.
10. Muir, D.C.G. et al. Short chain chlorinated paraffins: are they persistent and bioaccumulative. In: Lipnick, R. et al., ed. *Persistent, bioaccumulative and toxic substances*, Vol. 2. Washington, DC, ACS Books, (2000).
11. Serrone, D.M. et al. Toxicology of chlorinated paraffins. *Food and chemical toxicology*, **25**: 553–562, 1987.
12. Stockholm Convention, POPs Review Committee, 2007.
13. Stockholm Convention, POPs Review Committee, SCCPs Draft Risk Management Evaluation, (2016).
14. Tomy, G.T. et al. Levels of C10–C13 polychloro-*n*-alkanes in marine mammals from the Arctic and the St Lawrence River. *Environ. Science & Technology*. 4, 34. (2000).
15. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Short-Chain Chlorinated Paraffins (SCCPs) and Other Chlorinated Paraffins, 2009. Action Plan.



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

**U. PORTO**



**Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov**



**UNIVERZITA  
KARLOVA**



**ИКИТ**

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales  
Headquarters office in Salamanca.  
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.  
Contact Phone: +34 663 056 665