



Биогоривата като алтернатива на нефта, природния газ и въглищата

Венко Бешков

През XX в. нефтът бързо се превръща в един от основните и най-важни енергийни източници на света. Това води и до последвалата широкомащабна употреба на нефта в транспортния и енергийния сектор, както и като ценна суровина за органичната химична технология.

През 2016 г. населението на Земята наброява около 7,5 млрд., съответно и енергийните нужди се повишават. Това предполага огромно потребление

на горива и води до силно замърсяване на околната среда. В резултат се оказва неблагоприятно влияние чрез парниковия ефект, дължащ се на емисиите на парникови газове, основно на въглеродния диоксид. Глобалните годишни емисии на въглероден диоксид през 2010 г. възлизат на 35 Gt.

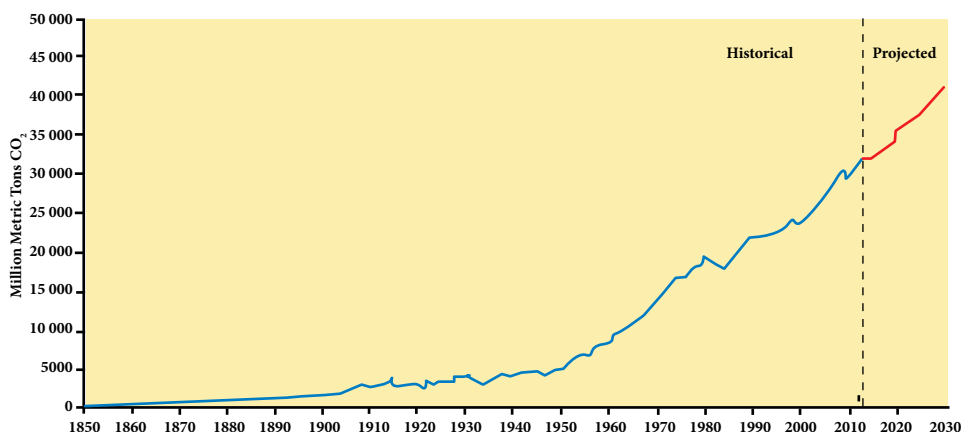
Друг резултат от прекомерната употреба на нефта е замърсяването на въздуха в градовете чрез обществения и частния транспорт, основно в големите, в които е концентрирана все по-голяма част от населението на Земята.

Биогоривата се определят като алтернатива на конвенционалните горива, но в контекста на опазването на околната среда от замърсяване те биха могли да се превърнат в горива на бъдещето. Биогоривата се получават при преработката на биомаса,

която е възобновяем източник на енергия. Под „биогорива“ се разбират етанолът, произведен от биомаса по ферментационен път, биодизелът, произве-

ден от растителни и животински мазнини, и биогазът, добиван при анаеробната ферментация на органични отпадъци от естествен произход.

България има отлични условия за развитието на производства на биогорива. Обработваемата земя е 4,9 млн. ха, или 44 % от територията на страната. Подходящият климат, позволяващ отглеждане на различни култури, обработваемите земи и традициите допринасят за производството на биогорива. Необработваемата земя е 461,142 ха, или 8 % от цялата земеделска земя. Неизползваната земя (необработваемата и некултивираната) през 2005 г. е била 19 % от цялата агроземеделска земя. Тези данни представят добра възможност за развитието на индустриално производство на биогорива.



Годишни емисии на въглероден диоксид в глобален мащаб за периода 1850–2030

Етилов алкохол

Най-масово използваният и известен от дълбока древност органичен продукт е етиловият спирт, заедно с ферментационния процес за получаването му. Интересът към този процес се засили през последните 50 години, когато цените на нефта нараснаха значително на световния пазар. Етанолът стана примамлива добавка към бензините, било като гориво и икономията на нефт, било поради неговите антидетонационни качества.

Проблем се оказва фактът, че той образува ацеотропна смес с водата, което го прави неподходящ за страни със студен климат. Това неудобство се преодолява чрез обезводняване на етанола с помощта на молекулни сита преди смесването му с бензина.

Ограничения за широкото използване на етанола като гориво поставиха цените на зърнените култури, които значително нараснаха поради появилото се търсене и поставиха бедните африкански страни, внасящи зърнени храни, в крайно неизгодно положение, както и големите площи от земната повърхност, необходими за отглеждане на тези култури. Тогава се прибягна до използването на суровини от „второ

поколение“, т.е. отпадна лигно-целуозна маса. Две са причините за проблемите при нейното използване. Първата е свързана с използване на големи горски и аграрни площи за извличането на целулоза (слама, дървесина). Втората е свързана с технологията за превръщането на целулозата в етанол, започваща с озахаряване (чрез киселинна или ензимна хидролиза) и следваща ферментация с всичките неудобства и проблеми.

Независимо от всичко това производството на етанол от лигно-целуозни материали е в ход.

Биодизел

Биодизелът представлява смес от естери на висшите мастни киселини с метанола, а понякога и с етанола. За производство на биодизел могат да се използват различни мазнини, които се получават от:

- Рапица и соя
- Преработено отпадна олио
- Животински мазнини
- Водорасли – могат да се отглеждат с използването на отпадни материали и води, и без да е необходимо да се заделя обработваема земя. Предимствата на този метод е, че водораслите могат да бъдат отглеждани върху необработваема земя като в пустините или в моретата.

Производството на тези естери става чрез транс-естерификация, т.е. заместване на глицерола в липидите с метанол или етанол.

Биодизелът е класифициран като моноалкилови естери, получени при транс-естерификация на метанол с висши мастни киселини от растителен и животински произход. Основни суровини са отпадъчното олио от готвене, соево масло, рапично масло, слънчогледово олио, животински мазнини и др. В транспортния сектор биодизелът може да се смесва с обикновен дизел.

Енергийното съдържание на биодизела е между 37 и 40 MJ/L. Той не съдържа серни съединения. За сравнение, традиционното дизелово гориво има енергийно съдържание от около 46 MJ/L.

Днес биодизеловите горива са в търговска употреба в много страни, включително Австрия, Чехия, Германия, Франция, Италия, Словакия, Испания и САЩ. Понастоящем почти всяка страна по света развива дейност по производство и използване на биодизел. Биодизелът се използва или в чиста форма, или като смеси с традиционно дизелово гориво, които – за разлика от смесите чисто растително масло/дизел – са стабилни при всяка концентрация. Страните, в които се продават горива от чисти мастно-киселинни метилови естери (FAME), са Германия, Австрия и в по-малка степен Швеция. Във Франция, Чехия и Испания се продават смеси на биодизел с традиционно дизелово гориво (в диапазон от 30 % до 36 %), използвани предимно от големи общински автомобилни паркове.

Обем на производството на биодизел. Биодизел се произвежда в ЕС от 1992 г. Днес съществуват около 120 фабрики, разположени главно в Германия, Италия, Австрия, Франция и Швеция. Световното производство на биодизел достига 3,8 млн. т през 2005 г. През следващите няколко години производството на биодизел само в САЩ се увеличава, като достига 3,7 млн. т през 2011 г. и 6,6 млн. т през 2013 г. През 2016 г. производството на биодизел е около 6 100 000 т/г.

за ЕС и около 7 806 320 т/г. за САЩ. Общото годишно производство на биодизел в световен мащаб възлиза на около 15 млн. тона.

Ползи от използването на биодизел. Екологични ползи. Биодизелът не съдържа сяра и ароматни съединения, а използването му в конвенционални дизелови двигатели води до намаляване емисиите на недоизгорените въглеродороди и на въглероден моноксид. Според европейския биодизел-борд при използването на биодизел се отделят 65 – 90 % по-малко емисии от CO₂ в сравнение с обикновения дизел.

Сравнение на емисиите от биодизел и конвенционален дизел

Тип емисия	Биодизел	Дизел
	(% от ЕИО нормите 1993)	
Въглероден моноксид	60	180
Общо въглеродороди	90	150
Азотни оксиди	65	60
Фини прахови частици	95	190

Проблеми при употребата и производството на биодизел. Основен недостатък при употребата на биодизела е несигурната му стандартизация в зависимост от източника на мазнините. Това се изразява в различното цетаново число и в температурата, при която чистият биодизел в 100 се превръща в гел, която варира в зависимост от естерите, които участват в него, а също така и от вида на суровината.

Необходимо е да се държи сметка и за енергийния баланс: отнетите земи за отглеждане на маслогайните култури заедно с енергията, изразходвана за отглеждането на тези култури.

Друг основен проблем при производството на биодизелово гориво е отделянето на големи количества отпадъчен глицерол, почти еднакви с количеството на използвания метанол. За всеки 1 тон биодизел се произвеждат 100 kg глицерол. Този глицерол съдържа значителни количества вода, ме-

танол, нереазирали мазнини, моно- и ди-глицериди, както и алкална основа, служеща за катализатор за транс-естерификацията. Ниското качество на този отпаден продукт прави невъзможно предлагането му на пазара преди основно пречистяване.

Чистият глицерол намира редица приложения, в които обаче трудно може да бъде заместен от отпаден глицерол, основно поради изискванията за неговата чистота. Ако се стигне до годишно производство от 10 млн. т биодизел (в ЕС) или 30 млн. т в световен мащаб, това ще доведе до получаването на около 3 млн. т/г. отпаден глицерол. Това е огромно количество отпадък, което поставя необходимостта от намиране на широк спектър от начини за неговото оползотворяване.

Глицеролът като суровина за химични продукти. Натрупването му като отпадък от производството на биодизел е наложило търсенето на нови приложения на глицерола с оглед решаването на проблема, както и на едновременната му употреба като суровина, алтернативна на нефта в органичния синтез. Такива опити са насочени към производството на различни органични вещества с широко промишлено значение, като полимери за производството на пластмаси (2,3-бутандиол, 1,3-пропандиол), млечна киселина за производството на биоразградими полимери пропионова и янтарна киселина, превръщането му във водород или въглеродороди чрез каталитичен реформинг, за производството на епихлорхидрин, на дихидроксиацетон, етери, полиестери и пр.

Микробиологично превръщане на глицерола в химически продукти. Добре известно е, че 1,3-дихидроксиацетонът, 1,3-пропандиолът, янтарната киселина, пропионовата киселина, някои полиестери, като поли-(хидроксиалканоати) се произвеждат от дейността на различни щамове. Тези полиестери са интересни с това, че се разграждат по естествен път в природата и затова се използват за опаковки на различни стоки с малко въздействие върху околната среда. Освен това 2,3-бутандиолът



Проф. д.т.н. Венко Бешков е завършил Химическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Основните му научни интереси са в областта на методите и технологиите за опазване на околната среда. Ръководител на екипа, създал технология, която превръща битовия боклук в гориво. От края на 1993 г. е директор на Института по инженерна химия при БАН.

се получава и по ферментационен път от глицерол. 2,3-бутандиолът е прекурсор при производството на бутадиен, метил-етилкетон и някои други приложения.

Един от преките начини за неговото оползотворяване е чрез процеса на анаеробна ферментация до получаване на биогаз. Предимство на метода на анаеробна ферментация (АФ) е, че глицеролът може да се смесва с други отпадъци (като тор), с което се интензифицира процесът на АФ. Резултатът е повече биогаз и по-високо съдържание на метан в него, като се постига оползотворяване на 2 вида отпадъци (глицерол и биомаса).

Производство на биогаз чрез анаеробна ферментация

Анаеробното разграждане на органични вещества представлява серия от процеси, в които микроорганизмите разграждат биоразградимите материали в отсъствие на кислород. Това е широко използван процес при третирането на отпадъчни води и органични отпадъци. Анаеробното разгражда-

не се използва и като процес на производство на възобновяем източник на енергия, тъй като при него се образува биогаз, който би могъл частично да замести горивата, получени от нефт, например природния газ. Според Програмата за развитие на Обединените нации (ПРООН) съоръженията, работещи с анаеробно разграждане, са определени като най-достъпните децентрализирани източници на енергия заради по-ниските капиталови разходи в сравнение с големите енергийни централи. Почти всеки органичен материал може да бъде усвоен чрез анаеробно разграждане. Това са биоразградимите материали като битовите отпадъци, растителни отпадъци, остатъци от храна и животински отпадъци, активните утайки от пречиствателните станции и пр.

Най-простият начин за оползотворяване на биогаза е директното му изгаряне в котли или горелки. Биогазът може да се изгаря за производство на топлинна енергия на място или да се транспортира чрез система от тръби до крайните потребители. В случаите, при които целта е само производство на топлина, не е необходима обработка на биогаза.



Външен изглед на промишлена инсталация за биогаз

Най-широко разпространената технология за генериране на енергия е чрез вътрешно горене. Размерите на двигателите са различни и мощността им може да варира от няколко киловата до няколко мегавата.

Биогазът може да бъде доставян чрез съществуващата естествена национална газова мрежа, като се използва за същите цели като природния газ, или да бъде компресиран и използван като възобновяемо

гориво за транспорта. Преди включването му в газовата мрежа биогазът трябва да мине през процес на обработка, при който всички замърсители се отстраняват (включително и CO_2), като съдържанието на метан се увеличава от 50 – 75 % до повече от 95 %. Модифицираният биогаз често се класифицира като биометан.

Биогаз турбини и микротурбини. Газовите турбини са стандартна технология и основно се използват при производство на енергия над 800 kW. В последните години успешно са интегрирани малки по мащаб турбини (названи микротурбини), произвеждащи енергия от 25 до 100 kW. Те имат ефективност, близка до тази на искровите двигатели, с ниски емисии и разходи за управление.

Комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия (когенерация). Когенерацията е стандартното приложение на биогаза в страни с развит биогазов сектор. Тя се смята за много ефективен начин за оползотворяване на биогаза за производство на електроенергия. Преди когенерацията биогазът се изсушава. Повечето газови двигатели имат пределни ограничения за съдържанието на сярководород и меркаптани в биогаза. Енергийната ефективност на централа, работеща чрез когенерация, е 90 %, като от тях се произвеждат 40 % електрическа енергия и 60 % топлинна енергия.

Най-широко разпространеният вид централа е този от блоков тип с горивни двигатели, свързани с генератор. Обикновено двигателите работят с постоянни обороти – 1500 оборота, за да бъдат съвместими с честотата на променливия ток.

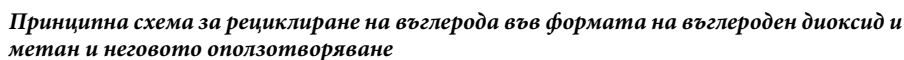
Важно е от енергийна и икономическа гледна точка да се оползотворява топлината, получена от биогазовата инсталация.

Производство на електроенергия в горивни клетки. В стандартна горивна клетка газовото гориво се подава непрекъснато в анодното пространство, а окислителят (кислород от въздуха) се подава непрекъснато на катода. Електрохимическите реакции на двата електрода генерират електродвижеща сила.

Горивните клетки имат потенциала да станат малкомащабните централи на бъдещето. Те могат да достигат коефициент на полезно действие над 60 % и имат ниски нива на емисии. Специален интерес за приложение в биогазцентралите представляват високотемпературните горивни клетки, които работят при 800°C.

Броят на частните автомобили, обществения транспорт и камионите, използващи биогаз (биометан), се увеличава. Биометанът може да се използва като гориво по съ-

Превозните средства, използващи биометан, имат значителни предимства в сравнение със стандартните бензинови и дизелови двигатели. Общите емисии на CO₂ драстично намаляват, в зависимост от суровината и произхода на електрическата енергия, из-



ползвана за обработката на биогаза. Емисиите от частици също намаляват, дори в сравнение с модерните дизелови двигатели, оборудвани с филтри за частици.

Смята се, че модифицираният биогаз (био-метан) има най-голям потенциал като гориво за транспорта в сравнение с други биогорива.

Получаване на въглероден диоксид и метан за нуждите на химическата индустрия. Получаването на чист метан и CO_2 от биогаз може да бъде добра алтернатива от получаването им от нефтени източници. Метанът и CO_2 са важни субстанции за химическата индустрия.

Намалени парникови газове. Днешните световни енергийни доставки са силно зависими от изкопаеми източници (като суров нефт, лигнит, въглища, природен газ). Тези източници са получени от растителни и животински остатъци, които са били изложени на топлина и налягания в продължение на стотици милиони години. Поради тази причина изкопаемите горива са невъзобновяем източник, като резервите се изчерпват много по-бързо, отколкото новите се формират.

Освен това използването на горива като въглища, нефт и природен газ освобождават натрупания в продължение на милиони години CO_2 в атмосферата с интензивност и в количества, с които днешната земна растителност не е в състояние да се справи. Повишаването на концентрацията на CO_2 в атмосферата води до глобално затопляне. При изгарянето на биогаз също се отделя CO_2 . Но съществена разлика при сравняване с изкопаемите горива е, че въглеродът в биогаза като суровина е бил скоро (понастоящем) усвоен чрез фотосинтезата на растения в настоящия период. По този начин въглеродният цикъл се затваря в много кратък времеви период. Производството на биогаз чрез анаеробна ферментация също така намалява и емисиите от метан и азотни оксиди при складирането и използването на необработен животински тор. Парниковият потенциал на метана е 23 пъти по-висок от този на въглеродния диоксид, а на двуазотния оксид – 296 пъти

повече от този на въглеродния диоксид. Ако биогазът замести изкопаемите горива при производството на енергия и транспорт, ще се намалят емисиите на CO_2 , CH_4 , N_2O и така ще допринесе за намаляването на глобалното затопляне.

Изкопаемите горива са ограничен ресурс, концентриран в няколко географски зони на планетата. За страните извън тези зони това създава постоянен и несигурен статус на зависимост от вноса на горива. Повечето европейски страни са силно зависими от вноса на изкопаеми горива, главно от региони, богати на залежи като Русия и Близкия изток. Развиването и внедряването на възобновяеми енергийни системи като биогаз от анаеробна ферментация, базирани на национални или регионални ресурси от биомаса, ще увеличи сигурността от националните енергийни доставки и ще намали зависимостта от вносни горива.

Друго голямо предимство при производството на биогаз е възможността един отпадъчен материал да се трансформира в ценен ресурс, който играе ролята на субстрат при анаеробното разграждане. Производството на биогаз е отличен начин да се спазят изключително рестриктивните национални и европейски регулации, а също и да се използва органичен отпадък за производство на енергия, следвано от рециклиране на разградения субстрат като тор. Анаеробното разграждане може да допринесе за намаляване на обема на отпадъците и цената за тяхното изхвърляне.

Въглеродният диоксид като суровина на бъдещето

Изглежда твърде амбициозно, но опити в това отношение се правят, като най-напред се предлага превръщането на въглеродния диоксид в биомаса чрез фотосинтеза от зелени водорасли. Произведената биомаса се използва като храна и фураж или се подлага директно на анаеробна ферментация за получаването на биогаз (тази идея беше последователно поддържана от покойния проф. Кирил Димов). Отделно се предлага получаването на липиди от избра-

ни водорасли, които да послужат като суровина за производството на биодизел.

Във всички тези случаи е залегнала идеята за затваряне на въглеродния кръговрат в границите на сега произведената биомаса и емисиите на въглероден диоксид, породени от нейното използване.

Налице са и други опити за оползотворяването на техногенния въглероден диоксид като суровина за горива, добавки към тях и химикали.

Горива може да се получават чрез каталитична редукция до въглероден моноксид, до метанол, етанол и до метан. Последното превръщане се предлага и под формата на електролитна редукция на CO_2 до метан в присъствие на метаногенни бактерии, но е далече от практическо приложение.

Други химикали, които може да се добиват от въглеродния диоксид, са етери (диметилов етер), диметил-карбонат ($\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CO}$), който е антидетонационна добавка за бен-

зините, ацил-карбонати на мастните киселини, множество мономери за производството на пластмаси и пр. Всички тези продукти се произвеждат от нефта, така че рециклирането на въглеродния диоксид има значение не само за намаляването на емисиите от парникови газове, но и за ограничаването на употребата на изкопаеми горива изобщо.

Освен това въглеродният диоксид е незаменимо средство за екстракция на биологично активни и термолабилни вещества от природни продукти при свръхкритични условия.

Използването на биогоривата като алтернатива на традиционните изкопаеми горива е навлязло в световната практика и ще продължава да се развива в различни нови форми. Във всички случаи обаче трябва да се държи сметка за опасностите за околната среда, както и за икономическите последици при прекомерната им употреба. ■

Изисквания към авторите на сп. „Природа“

Сп. „Природа“ е научнопопулярно списание, предназначено за широка читателска аудитория: специалисти от различни научни области, преподаватели във висши и общообразователни учебни заведения, студенти, ученици, любознателни читатели с разностранни интереси.

Характерът на списанието налага някои специфични изисквания към авторите: разглеждане на актуален и важен за науката проблем; достъпно изложение; понятен за широката публика език; избягване на чуждици в случаите, когато могат да се употребят съответните български думи; онагледяване на текста с илюстрации, таблици, фигури. Не е желателно обособяването на отделни глави и раздели, както и цитирането на ползваната литература в края на статията.

Обемът на статиите е 5–6 машинописни страници (стандартната машинописна страница е 30 реда, 60 знака на ред, като този обем не включва предлаганата илюстрация). Към статиите се прилагат крат-

ки биографични данни за автора и негова снимка.

Кратките научни съобщения и любопитни факти се помещават в отделни рубрики, поради което е необходимо да се посочи научната област, към която се отнася съобщението.

Илюстрациите трябва да са годни за непосредствено полиграфическо възпроизвеждане.

За осъществяване на контакт с авторите е необходимо те да посочат на края на статията или съобщението трите си имена, телефон и имейл.

Ръкописите се представят на електронен носител или се изпращат по имейла.

Текстът трябва да е във формат .doc/.rtf за MS Office XP/97-2003 или .docx за MS Office за Win7.

Не се приемат за издаване или отпечатване произведения, в които илюстративният материал е вмъкнат в .doc/.docx/.rtf файл.

Снимките се предоставят на отделни файлове във формати .jpeg и .tif.

ЛЮБОПИТНО

Очертава ли се недостиг на суровини за бъдещите технологии?

Материалният напредък на човечеството е съпроводен със създаването на нови, все по-ефективни технологии. От своя страна, това предполага осигуряването на все по-големи количества суровини, необходими за производството на нови изделия. Специалистите започнаха да се притесняват дали суровините, с които разполага нашата планета, биха били достатъчни за масовото производство например на генератори за електроенергия от вятърни устройства, модерни телефонни уредби или електроавтомобили. За промишленото получаване на тези и на десетки други модерни апарати и съоръжения ще бъдат необходими суровини, на първо място метали, които обаче ще са недостатъчни. За да отговорят на въпроса, какви проблеми биха възникнали от тази гледна точка, екип от изследователи от Германската федерална служба за науки за земята и суровини (Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe, BRG) провежда проучване на 42 иновативни технологии, за да се разбере какви метали и в какви количества ще са необходими за тяхното безпроблемно осъществяване. Проучването си поставя за задача да отговори на въпроса, каква ще бъде потребността от суровини за тези технологии през 2035 г. За сравнение се използват данни за използването на същите суровини през 2013 г.

Проучването, чиито резултати са представени през пролетта на 2016 г., показва, че от особено важно значение за развитието на модерните технологии ще бъдат 16 метала, необходими като суровинни източници, свързани с развитието на авангардните технологии. Според авторите на изследването проблеми с осигуряването на необходимите количества от някои метали до 2035 г. няма да има. Такъв е например случаят с желязото, както и със среброто, медта, кобалта и платината. За някои метали обаче ще се усети истински глад. На първо място това е литият, потребността от който през 2035 г. ще се повиши близо четири пъти в сравнение с 2013 г. Литият е особено необходим при произ-



водството на различни акумулатори, които ще се използват все повече във всички области на електрониката, комуникациите, промишлеността, транспорта, военното дело, медицината и бита. Потребността от някои метали от групата редкоземни елементи вероятно ще се удвои в следващите до 2035 години. Към тези важни за технологиите метали се отнасят преди всичко диспрозийт, ренийт, неодимът, скандият и танталът. Задоволяването на потребността през следващите двестесетина години от паладий, галий и скандий според резултатите от проучването на немските специалисти не буди съществени притеснения.

За творците на бъдещите технологии проучванията върху бъдещите потребности откъм суровини поставят важни за решаване проблеми. В тази насока специалистите мислят например върху замяната на някои метални детайли в необходимите за производство изделия със структурни елементи от подходящи полимерни материали. Така при конструирането на каросерии на бъдещите автомобили се предлага вариантът за използване на карбофазерни пластмасови структурни плоскости вместо метални части. Една друга насока е разширяването на възможностите за рециклиране на отпадъчните изделия, използвани в електротехниката и другите области на промишлеността.

По scinexx.de

Микроорганизми, живачни съединения и околна среда



Вече има сериозни доказателства, че количеството на живачните съединения в околната среда нараства. Това не може да не предизвиква безпокойство, като се има предвид, че съединенията на живака са силно токсични. Живачни съединения попадат в околната среда предимно в резултат от промишлени и други процеси, свързани с дейността на човека, такива например като изгарянето на въглища или производството на цимент. Ето защо изненада предизвика находката на живачни съединения в антарктическите ледове. Особено интересно се оказва, че намерените в ледовете вещества са се появили като резултат от жизнената дейност на микроорганизми.

Учени от университета в Мелбърн под ръководството на д-р Кейтлин Джонфридо (Caitlin Gionfriddo) предприемат двумесечно изследователско пътуване с ледоразбивача „Аврора Австралис“ за събиране на проби от вода и лед в Антарктика. Всички събирани проби са били подлагани на грижлив химически анализ за наличие на живачни съединения в тях. Резултатите показали, че от всички живачни съединения в най-големи количества се оказва едно вече отдавна познато вещество – метилживакът. Това всъщност е едно органоживачно съединение, каквото е метилживачният катион (CH_3Hg^+), свързан с някакъв (например хлориден) анион. Особено изненадващото в случая е произходът на това вещество. Изследователите доказват, че

то се продуцира от микроорганизми от рода *Nitrospina*, които имат генетичната предпоставка да превръщат елементния живак в органоживачни съединения. С тази своя способност те допринасят за обогатяването на околната среда с извънредно токсичните органоживачни съединения, каквито и без това се съдържат в атмосферата като резултат от промишлената дейност на човека. Кейтлин Джонфридо и съавтори публикуват резултатите от своите изследвания в авторитетното списание „Nature Microbiology“ през август 2016 г.

За морската екоотксикология метилживакът не е непознато вещество. Това вещество, наред с други органоживачни съединения, е станало причина за възникването на т.нар. Болест на Минамата, която беше описана в средата на 50-те години на миналия век в Япония. От заводите на химическата компания „Чисо“ край Минамата били изхвърляни във водите на залива Янусира отпадъци от живачни съединения. Веществата са се натрупвали в морските обитатели – риби, раци, миди – които не са особено чувствителни към живачните съединения, но имат способността да ги натрупват в организма си. Хора, които са консумирали такива дарове на морето, са получавали с течение на времето сериозни нервни и психически увреждания. Появата на симптоми като лесна уморяемост, главоболие, болки в мускулите, психически разстройства и дори смърт отначало не могла да бъде обяснена. Едва по-късно се доказва, че изброените прояви се дължат на увреждане на централната нервна система под въздействието на органоживачните съединения.

Изучаването на целия комплекс от проблеми, свързани със замърсяването на околната среда с живачни съединения, вече е обект на проучване и взимане на мерки от страна на авторитетни международни организации. Към това се добавят и резултатите, получени за ролята на микроорганизми като *Nitrospina* за биосинтетичното продуциране на органоживачни съединения.

По scinexx.de