

## Porozmawiajmy o...

Ten niezwykle cenny produkt składa się w 96% z wody, 2,5% związków azotowych, 1,5% soli mineralnych: chlorków, fosforanów i węglanów. Pozyskanie roczne tego związku w przeliczeniu na azot, potas i fosfor odpowiada 13% stosowanych obecnie na świecie nawozów o wartości 13,6 miliarda dolarów. Obecna światowa produkcja takich nawozów, przy użyciu ropy naftowej, wzrosła ośmiokrotnie w ciągu 60 lat, a zapotrzebowanie nadal rośnie – głównie w Azji. Omawiana substancja jest „na wyjściu” sterylna, ma odczyn obojętny. Rodzi się pytanie – czy można by ten produkt wykorzystać dla naszego dobra?

Czas odsłonić tzw. rąbek: chodzi o ludzki mocz. Dorosły zdrowy człowiek wydziela go dziennie 0,65–2,5 litra.

Problem ludzkich odpadów zauważono dawno, co dokumentują odkryte przez archeologów w Mezopotamii konstrukcje kamienne, budowane nawet ponad 6 tys. lat p.n.e. Podobne konstrukcje wykopano w Rzymie w 1913 roku (ława z dziurami co 56 cm, wysokość od podłogi 43 cm). Identyfikacja reszt pożywienia znajdujących się w tych miejscach sugeruje, że były to latryny. Znanymi są miejsca, gdzie mocz stosowano do nawożenia pól, wyprawiania skór oraz do prania. W miastach średniowiecznych wylewano go z nocników do miejskich rynsztoków, nie kojarząc tych zwyczajów z pojawianiem się epidemii i pandemii.

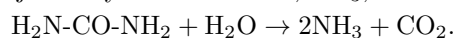
Liczba ludzi na świecie rośnie, rozrastają się też miasta – powstają giganty zamieszkiwane przez miliony. Zatem nie można dłużej lekceważyć współczesnych prób rozwiązania problemu: czy zbierać to, co wydzielamy, i co robić z zebraniem.

Pierwsze przemysłowe rozwiązania datują się nie tak dawno – od drugiej połowy XIX wieku. Budując systemy kanalizacyjne wyprowadzające z miast mocz, ścieki i płynne odpady przemysłowe, stworzono – właściwie bez zmian w ostatnim stuleciu – cały system ich odbioru i przesyłu poza miasto, gdzie na końcu buduje się oczyszczalnie (bądź wylewa do rzek i mórz). Z tego systemu korzysta 43% ludności globu, zanieczyszczając morza i oceany 6,2 milionami ton azotu.

I tak doszliśmy do pytania: czy można inaczej te odpady – nie bójmy się tego słowa – zagospodarować?

Zagadnienie kontrolowanej zbiórki moczu wiąże się z pewnymi procedurami medycznymi (np. dializą przy niewydolności nerek), a także... planami lotów w kosmos. Obecni mieszkańcy Międzynarodowej Stacji Kosmicznej odzyskują całą wydzielaną przez kosmonautów wodę (Amerykanie ją piją, Rosjanie postanowili nie pić wody odzyskanej z moczu). Problem wody pozaziemskiej zauważyli już dawno autorzy fantastyki naukowej dotyczącej kosmosu. W bardziej masowej skali kwestią tą zajął się szwedzki Uniwersytet w Uppsali, zaalarmowany sytuacją, jaka ma miejsce na wyspie Gotland. Jest tam mało wody oraz dużo turystów, i przybrzeża zarastają glonami lubiącymi związki azotowe. Naukowcy z Uppsali postanowili poszukać rozwiązań umożliwiających odzyskiwanie wody z ludzkiego moczu, traktując sytuację na Gotlandzie jako swoisty model badawczy. Wyodrębnili dwa problemy: odzysk wody i wykorzystanie suchej masy do nawożenia

roślin. Opracowano produkcję suchych preparatów (po odparowaniu wody z moczu) wykorzystywanych do nawożenia roślin. Podobne próby podjęto już na małą skalę w Paryżu, w wybranych miejscowościach USA, Nowej Zelandii i Szwajcarii. Obliczono, że gdyby wykorzystać suchą masę związków zawartych w moczu do produkcji nawozów, to w tym zakresie zmniejszyłaby się emisja gazów cieplarnianych o 47%, zużycie energii o 41%, a zanieczyszczenie środowiska odpadami w zużywanej wodzie o 64%. Gdybyśmy chcieli odzyskiwać azot z moczu do produkcji nawozów, ekonomicznie opłacalna jest pierwotna obróbka ureazą, enzymem hydrolizującym mocznik. Cennym do dalszej produkcji jest oczywiście amoniak, NH<sub>3</sub>,



Amoniak przekształca się, poprzez inkubację z określonymi bakteriami, w azotan amonu. Tak otrzymany produkt (Aurin) jest zatwierdzony do nawożenia jadalnych roślin np. w Szwajcarii. Przeprowadzono ankietę wśród około 4 tys. konsumentów z 16 krajów, pytając, czy zaakceptują do celów spożywczych tak nawożone rośliny. Średnia globalna odpowiedź pozytywna wyniosła 59%, w przodującej Francji 80%, w Polsce 47%, w Jordanii 14%.

Tyle informacji od chemików i biotechnologów. Czy jednak istniejące systemy wodno-kanalizacyjne można przystosować do masowej zbiórki moczu?

Zaczyna się od ogólnie stosowanych sedesów, splukiwanych wodą. Istnieją już sedesy umożliwiające oddzielenie splukującej wody od moczu. Teraz nietrudno już zaprojektować odrębny system rur i zbiorników, zainstalować „reaktory” do hydrolizy mocznika, a następnie jego przekształcenia w obojętny chemicznie azotan amonu. Tu ciekawostka: Takie projekty dofinansowuje np. Fundacja Billa & Melindy Gates z Seattle, stan Waszyngton. I inna, brzmiąca jak żart: W Afryce Południowej opracowano technologię produkcji cegieł z mieszaniny moczu, piasku i bakterii wytwarzających ureazę – z powstającej masy formuje się twardniejące cegły, niewymagające wypalania.

Zadziwiające, ile różnorodnych problemów naukowych (mikrobiologia, chemia, fizyka płynów, biotechnologia, reakcje w mikro i makro skali, a nawet zdobywanie gwiazd) zawartych jest w prostym pytaniu: czy możemy praktycznie wykorzystać produkt odpadowy życia?

*Magdalena FIKUS* (magda.fikus@gmail.com)

Na podstawie: *Nature* **602**, 202–206 (2022)