

Taniami i łatwo dostępnymi źródłami pozyskiwania związków fosforu – jednego z ważniejszych pierwiastków niezbędnych do życia człowiekowi, zwierzętom i roślinom – stają się ostatnio roztwory odpadowe, ścieki komunalne, bytowo–gospodarcze, przemysłowe, rolnicze (gnojowica) i inne. Do najważniejszych odzyskiwanych soli fosforanowych zaliczyć można różne fosforany wapnia (głównie: hydroksyapatyt $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, HAP i bruszyt $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, DCPD) oraz magnezu i amonu (struwit $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, MAP). Chemiczne usuwanie fosforanów z roztworów odpadowych i dalsze ich wykorzystywanie przyjęło się nazywać **recyklingiem fosforu**. Ogół zjawisk towarzyszących temu zagadnieniu, rozwiązania aparaturowe i konkretne propozycje wdrożeniowe stanowią nowość światową. Przytacza się zwykle trzy główne argumenty: ograniczone zasoby geologiczne naturalnych związków fosforu, eutrofizację wód (stężenie fosforu w wodach śródlądowych nie może przekraczać $0,03 \text{ mg/dm}^3$) oraz stosunkowo wysokie stężenie fosforanów w różnego rodzaju ściekach – które to argumenty uzasadniają próby rozwiązywania w świecie problemów odzyskiwania użytecznych form fosforu.

Kontrolowane wytrącanie i następująca po nim krystalizacja trudno rozpuszczalnych soli fosforanowych są złożonymi zagadnieniami. Efekt końcowy zależy od wielu czynników związanych ze środowiskiem, w którym te procesy przebiegają oraz od wartości parametrów tych procesów. Główną przyczyną trudności w poprawnym zaprojektowaniu i eksploatacji instalacji przemysłowej recyklingu fosforu jest zarówno skład chemiczny ścieków (zmienna stochastyczna), jak i obserwowane często zmiany w czasie wartości stężeń poszczególnych ich składników. Obok zasadniczego składnika rozpatrywanych ścieków – jonów fosforanowych(V) – decydujący wpływ mają zanieczyszczenia, występujące w różnym składzie, proporcjach i stężeniach w zależności od specyfiki miejsca ich powstawania. Część tych zanieczyszczeń, czasami w nieoczekiwany sposób, inhibituje lub katalizuje przebieg reakcji chemicznej wytrącania ściśle zintegrowanej z zarodkowaniem i wzrostem kryształów, znacząco wpływa na ostateczny kształt kryształów, ich ewentualną aglomerację i czystość chemiczną produktu. Także parametry procesowe (m.in. stężenia reagentów, temperatura, pH) i parametry pracy reaktora–kryształizatora (geometria wnętrza, charakter i intensywność mieszania, cyrkulacja, średni czas przebywania zawiesiny w kryształizatorze, miejsca wprowadzania reagentów, itp.) oddziałują kompleksowo na przebieg i rezultaty końcowe procesu odzyskiwania fosforanów.

Odzyskiwanie jonów fosforanowych(V) powinno być prowadzone w sposób kontrolowany przy pełnej wiedzy o kinetyce zarodkowania i wzrostu struwitu. Kryształy struwitu powinny być bowiem dobrze wykształcone, jednorodne i o jak największych rozmiarach. Produkt nie powinien zawierać nadmiernych ilości zanieczyszczeń pochodzących ze ścieku, a szczególnie metali ciężkich i toksycznych, których stężenie nie powinno przekraczać odpowiednich norm. Można wówczas rekomendować odzyskiwaną sól fosforanową jako atrakcyjny rolniczo nawóz mineralny NPMg, wolno uwalniający składniki pokarmowe (*eco-friendly fertilizer*).

Celem projektu jest wyznaczenie w procesie ciągłej krystalizacji strąceniowej kinetyki zarodkowania i wzrostu kryształów trudno rozpuszczalnej soli – heksahydratu fosforanu(V) magnezu i amonu, $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, struwitu ($pK_{sp} = 9,0 - 13,36$). Substratami w tym procesie są rozcieńczone wodne roztwory jonów fosforanowych(V) zawierające od 0,2 do 1% mas. PO_4^{3-} (roztwory odpadowe, ścieki różnego pochodzenia) oraz krystaliczne związki magnezu i amonu lub ich wodne roztwory. Proces wydzielania struwitu będzie prowadzony w kryształizatorze o działaniu ciągłym typu DT MSMPR (*Draft Tube, Mixed Suspension, Mixed Product Removal*) z wewnętrzną cyrkulacją zawiesiny wymuszaną mieszadłem śmigłowym. Sterowanie, kontrola i rejestracja danych pomiarowych odbywa się za pomocą komputera (oprogramowanie Labworldsoft i BioScadaLab).

Decydujący wpływ na wszystkie składowe kinetyczne wytrącania i krystalizacji struwitu mają zanieczyszczenia obecne w roztworze zasilającym kryształizator. Dotyczy to szczególnie jonów niektórych metali, które tworzą w środowisku alkalicznym krystalizacji struwitu trudno rozpuszczalne wodorotlenki (m.in. glin, miedź, żelazo, cynk). Jony wapnia natomiast mogą z jonami fosforanowymi(V) utworzyć kilkanaście różnych trudno rozpuszczalnych soli, krystalicznych i bezpostaciowych. W rozpatrywanym układzie procesowym będą zatem dwie konkurujące ze sobą reakcje chemiczne jonów fosforanowych(V) z jonami magnezu i amonu (struwit) i z jonami wapnia (fosforany wapnia). W rezultacie produkt może być mieszaniną obu tych soli, a także trudno rozpuszczalnych wodorotlenków metali i innych substancji obecnych w ścieku. Wszystkie te czynniki wraz z parametrami procesu i parametrami pracy kryształizatora o działaniu ciągłym zostaną uwzględnione w realizacji celu Projektu.

Kinetyka zarodkowania i wzrostu kryształów struwitu zostanie wyznaczona z rozkładu rozmiarów kryształów otrzymanych produktów. Do jego opisu wykorzystane będą modele dla idealnego kryształizatora typu MPMPR (modele SIG i SDG MSMPR).