

## **OCHRONA ŚRODOWISKA ŹRÓDŁEM INNOWACJI – ROZWIĄZANIA WDROŻONE W ALWERNI S.A.**

**Przemysław MALINOWSKI, Mirosław OLECH, Andrzej BISKUPSKI,  
Wiesław WANTUCH, Leszek URBAŃCZYK**

**Streszczenie:** Przedstawiono wyniki badań nad sposobem zagospodarowania odpadów powstających przy produkcji wyrobów chemicznych w Alwerni S.A. Stwierdzono, że powstające odpady mogą zostać zagospodarowane jako surowce do produkcji nawozów wieloskładnikowych. Produkcję tego typu nawozów wdrożono w Zakładach w specjalnie do tego celu zaprojektowanej i wybudowanej instalacji. Dzięki temu rozwiązaniu oferta produktów Alwerni S.A. została wzbogacona o nowe wyroby a uciążliwość dla środowiska pierwotnie prowadzonych procesów wytwórczych została w znaczący sposób ograniczona.

**Słowa kluczowe:** nawóz, nawóz wieloskładnikowy, odpad, zagospodarowanie odpadów.

### **1. Wstęp**

Zapewnienie odpowiedniej ilości żywności wymaga wytwarzania dużych ilości nawozów mineralnych, które uznawane są za jeden z głównych czynników plonotwórczych. Wpływają one zarówno na wielkość jak i jakość plonów [1]. Według danych International Fertilizer Industry Association światowe zużycie nawozów w latach 2010/11 wyniosło 173 mln ton w przeliczeniu na czyste składniki nawozowe (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O), z czego 61 % stanowił azot, 23 % fosfor a 16 % potas [2].

Nawozy mineralne można klasyfikować według różnych kryteriów, spośród których dwa podstawowe to postać fizyczna nawozu oraz liczba składników pokarmowych w nim obecnych [3]. Nawozy mogą mieć postać stałą lub płynną. W formie stałej nawozy występują jako granulowane lub pyliste. Większość nawozów wytwarza się obecnie w formie granulowanej, która ułatwia obrót i ich aplikację. Nawozy pyliste stosuje się w krajach o niskim poziomie rozwoju gospodarczego, a także w tak zwanych uprawach ekologicznych (np. mączka fosforytowa). W obrębie grupy nawozów płynnych należy wyróżnić dwie ich formy: nawozy ciekłe klarowne i nawozy zawieszinowe. Nawozy zawieszinowe zawierają oprócz form składników nawozowych całkowicie rozpuszczonych w wodzie, również składniki w formie zdyspergowanej, drobnokrystalicznej utrzymywane w fazie ciekłej, na ogół za pomocą dodatkowego czynnika stabilizującego [4].

Biorąc pod uwagę skład wyróżnia się nawozy:

- pojedyncze (proste) zawierające tylko jeden z głównych składników, np. saletra amonowa (34 % N);
- wieloskładnikowe, zawierające co najmniej dwa główne składniki, np. fosforan dwuamonowy (18 % N, 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Nawozy wieloskładnikowe mogą mieć charakter nawozów kompleksowych lub mieszanych. W nawozach kompleksowych, w pojedynczej granuli znajdują się wszystkie składniki nawozu. Nawozy mieszane to takie, które wytworzono przez fizyczne zmieszanie granul nawozów pojedynczych lub wieloskładnikowych-kompleksowych [5].

Obecnie podstawowymi surowcami do wytwarzania nawozów azotowych są azot atmosferyczny i gaz ziemny (z którego otrzymuje się gaz syntezowy) przerabiane w syntezie Habera-Boscha na amoniak. Podstawowym surowcem mineralnym będącym źródłem fosforu do nawożenia są fosforyty. Ze względu na ograniczoną przyswajalność fosforu zawartego w fosforytach (w postaci fluoroapatytu) są one przetwarzane przy użyciu kwasów (głównie siarkowego) na nawozy, w których fosforany występują w formach przyswajalnych dla roślin. Z kolei podstawowym źródłem potasu do nawożenia jest chlorek potasu (w terminologii nawozowej określane mianem soli potasowej). W mniejszej ilości wykorzystuje się także inne sole tego pierwiastka takie jak siarczan i azotan [6].

W technologii wytwarzania i stosowania nawozów następują ciągłe zmiany. Zmienia się ich postać fizyczna, wzbogaca się ich skład o nowe składniki pokarmowe dla roślin, mające charakter makro i mikroelementów, a także zmieniają się zasady ich stosowania. Produkcja nawozów mineralnych należy do procesów wielkotonażowych, w których koszty produkcji silnie zależą od kosztów użytych surowców. W przypadku większości nawozów mineralnych istnieją duże możliwości wzbogacenia ich składu i obniżenia kosztów produkcji przez wykorzystanie różnego rodzaju surowców odpadowych [7, 8]. Ze względu na ograniczone zasoby fosforytów, szczególnego znaczenia w ostatnich latach nabrała problematyka odzysku fosforu z różnych strumieni odpadowych oraz zagospodarowania przy produkcji nawozów odpadów bogatych w ten pierwiastek z różnych gałęzi gospodarki. Szczególnie znaczenie mają tutaj procesy odzysku fosforu ze ścieków oraz zagospodarowanie odpadów z przemysłu rolno-spożywczego [9, 10].

Z agrochemicznego punktu widzenia wykorzystanie odpadów do produkcji nawozów mineralnych jest możliwe wówczas gdy odpady:

- zawierają znaczące ilości składników pokarmowych dla roślin,
- nie zawierają nadmiernych ilości składników toksycznych dla roślin oraz dla człowieka i zwierząt spożywających uzyskane plony,
- nie powodują niekorzystnych przemian podstawowych składników nawozów, w wyniku których następuje znaczące pogorszenie własności nawozu.

Wykorzystanie odpadów musi być także uzasadnione ekonomicznie a mianowicie koszty ich przetwarzania nie mogą powodować zmniejszenia konkurencyjności nawozu na rynku.

Podsumowując należy stwierdzić, że zagospodarowanie odpadów przy produkcji nawozów przynosi korzyści z punktu widzenia ochrony środowiska poprzez ograniczenie wydobycia surowców naturalnych oraz zmniejszenie lub wyeliminowanie strumieni odpadów kierowanych na składowiska. Bardzo istotne są także korzyści ekonomiczne w postaci obniżenia kosztów produkcji nawozów oraz zmniejszenia wydatków ponoszonych na składowanie odpadów.

## **2. Problematyka wytwarzania odpadów w Alwerni S.A.**

Alwernia S.A. jest znaczącym, zarówno w kraju jak i Europie, producentem szerokiej gamy wyrobów chemicznych. Łączna masa produktów wytwarzanych w Alwerni S.A. wynosi około 100 tys. ton/rok, wśród których należy wymienić techniczne i spożywcze sole fosforowe, związki chromu, siarczan magnezu, saletry wapniową i magnezową, uniepalniacze bezhalogenowe oraz szereg innych wyrobów. W wyniku wdrażania polityki proekologicznej Alwernia S.A. w ostatnich latach poszerzyła gamę oferowanych produktów o granulowane nawozy wieloskładnikowe.

Podczas wytwarzania soli fosforowych, siarczanu magnezu, saletry wapniowej i saletry magnezowej powstają różnego rodzaju produkty uboczne w postaci szlamów pofiltracyjnych (tabela 1).

Tab. 1. Wyniki wybranych oznaczeń w surowcach odpadowych.

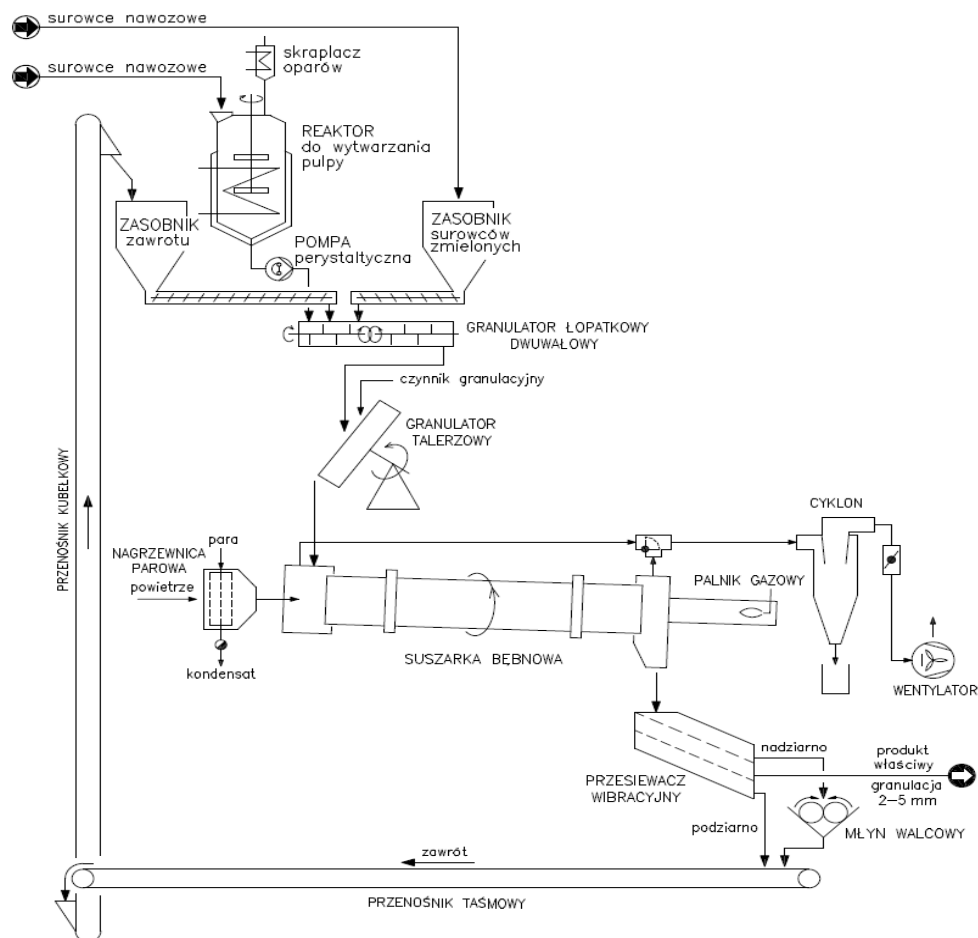
Lp.	Rodzaj oznaczenia		Odpad z produkcji siarczanu magnezu	Odpad z oczyszczania kwasu fosforowego	Odpad z produkcji saletry wapniowej	Odpad z produkcji saletry magnezowej	Kwas ponitracyjny
1	Ubytek masy [%] w temperaturze	105°C	35,78	51,53	38,34	28,36	-
2		400°C	43,26	58,31	42,14	-	-
3		1000°C	55,37	58,45	-	-	-
4	Zawartość, % mas.	N	-	-	4,26	3,24	1,81
5		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	22,24	-	-	-
6		CaO	4,27	-	19,39	1,86	-
7		MgO	19,26	-	-	23,46	-
8		SO <sub>3</sub>	13,58	-	-	-	53,85

Do produkcji technicznych i spożywczych soli fosforowych wykorzystywany jest ekstrakcyjny kwas fosforowy, który jest neutralizowany sodą. Na tym etapie następuje wydzielenie większości zanieczyszczeń, głównie związków wapnia i magnezu. Po etapie neutralizacji roztwór fosforanów sodu jest zateżony i dalej oczyszczany. Powstający w wyniku neutralizacji i oczyszczania, tak zwany „szlam fosforanowy”, zawiera w znacznej ilości fosfor, a także sól. Wytwarzanie siarczanu magnezu polega na rozkładzie palonego magnezytu kwasem siarkowym. Po reakcji roztwór siarczanu magnezu jest oddzielany od fazy stałej na prasie filtracyjnej. Wydzielony osad tak zwane „błoto pomagnezowe”, zawiera w swoim składzie wapń, magnez oraz siarkę. Kolejne dwa produkty uboczne powstające podczas wytwarzania saletry wapniowej i magnezowej zawierają oprócz wapnia i magnezu także azot. Podobnie jak w przypadku błota pomagnezowego produkty te powstają na etapie filtracji roztworów azotanów wapnia i magnezu otrzymanych w wyniku reakcji kwasu azotowego z wapnem hydratyzowanym lub palonym magnezytem. Do niedawna produkty te nie były wykorzystywane gospodarczo lecz składowane na zakładowym składowisku odpadów. Wszystkie wymienione produkty uboczne zawierają składniki pokarmowe niezbędne dla prawidłowego rozwoju roślin, które z powodzeniem można wykorzystać przy produkcji nawozów. Użycie szlamów pofiltracyjnych do wytwarzania nawozów wymaga ich roztworzenia przy użyciu kwasu. Stwierdzono, że do tego celu może być wykorzystywany kwas ponitracyjny powstający w innych zakładach jako produkt uboczny przy produkcji trójazotanu gliceryny oraz azotanu izooktylu.

### 3. Prace badawcze prowadzone w INS

Badania nad możliwością zagospodarowania strumieni produktów odpadowych powstających w Alwerni S.A. prowadzono w Instytucie Nawozów Sztucznych z siedzibą w

Paławach, w którym od ponad 50 lat prowadzone są prace naukowo-badawcze dla potrzeb przemysłu nawozowego oraz dla rolnictwa. Prace wykonane w INS obejmowały opracowanie koncepcji prowadzenia procesu, badania laboratoryjne, próby półtechniczne wytwarzania nawozów oraz opracowanie projektu procesowego. Zakład Nawozów INS dysponuje unikalną w skali krajowej instalacją półtechniczną przeznaczoną do badań procesów granulacji nawozów (rysunek 1).



Rys. 1. Schemat instalacji półtechnicznej granulacji nawozów INS.

Ciąg technologiczny jest zbliżony do instalacji produkcyjnych nawozów w skali przemysłowej. Instalacja składa się z następujących węzłów:

- węzeł granulacji: granulator mieszarkowy oraz granulator przesypowy (talerz granulacyjny) z możliwością stosowania różnego rodzaju czynników granulacyjnych (amoniak, para wodna, roztwory wodne soli nawozowych);

- węzeł przygotowania pulp granulacyjnych: uniwersalny reaktor z mieszadłem łopatkowym z możliwością grzania przeponowego oraz bezprzeponowego a także reaktor do przygotowywania roztworów reakcyjnych lub nawozów płynnych;
- węzeł suszenia: suszarka bębnowa z możliwością grzania we współprądzie zasilana ogrzany powietrzem oraz w przeciwprądzie zasilana spalinami gazu ziemnego. Suszarka posiada regulację obrotów oraz kąta nachylenia;
- węzeł klasyfikacji produktu: dwupokładowy przesiewacz wibracyjny;
- system transportu i dozowania surowców oraz zawrotu składający się z szeregu podajników oraz zbiorników buforowych;
- system oczyszczania powietrza z węzła suszenia oraz węzła granulacji.

W pierwszym etapie prac badawczych opracowano sposób zagospodarowania odpadu z produkcji siarczanu magnezu. Zaproponowano dwa warianty prowadzenia procesu wytwarzania nawozów z wykorzystaniem błota pomagnezowego [11]. Pierwszy z nich obejmowałby następujące operacje: wytworzenie pulpy poprzez wymieszanie mocznika z błotem pomagnezowym, granulację wytworzonej pulpy, suszenie granulatu, sianie (zawrót podziarna i rozdrobnionego nadziarna skierowany do granulatora), chłodzenie oraz ewentualne kondycjonowanie nawozu. Według tej koncepcji można otrzymać nawozy o zawartości % S; 3 % CaO; 25 % MgO.

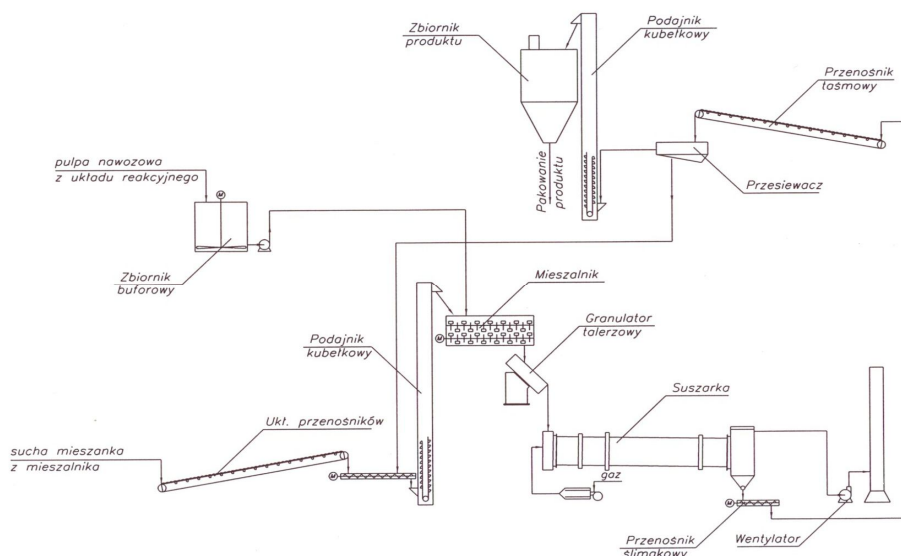
W odróżnieniu od pierwszego, drugi wariant zawierałby etapy rozkładu nieroztworzonego magnezytu kwasem siarkowym, neutralizacji nadmiaru kwasu siarkowego wapnem, mieszania wytworzonego półproduktu z mocznikiem, a następnie podobnie jak w pierwszym wariantcie granulację wytworzonej pulpy, suszenie granulatu, sianie (zawrót podziarna i rozdrobnionego nadziarna skierowany do granulatora), chłodzenie oraz ewentualne kondycjonowanie nawozu. Uzyskiwany w ten sposób nawóz zawierałby 20 % N; 10 % S; 8 % CaO; 9 % MgO.

W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano produkty o zakładanym składzie oraz bardzo dobrych własnościach użytkowych (wysoka wytrzymałość granul, niska higroskopijność, niska skłonność do zbrylania). Nawozy wytwarzane na bazie błota pomagnezowego mogą być wprowadzone do obrotu jako samodzielne nawozy bądź też w przypadku nawozu wytwarzanego według pierwszego wariantu jako komponenty o wysokiej zawartości MgO do wytwarzania mieszanek nawozowych typu bulk blending.

Następny etap prac obejmował kompleksowe rozwiązanie problemu odpadów powstających w Zakładach. Przeprowadzono prace nad opracowaniem technologii wytwarzania nawozów z uwzględnieniem wszystkich strumieni odpadowych szlamów pofiltracyjnych [12]. W badaniach tych brali czynny udział pracownicy Alwerni S.A. Na podstawie wspólnie prowadzonych prób laboratoryjnych zaproponowano dwie podstawowe formuły nawozów, które można otrzymywać wykorzystując szlamy pofiltracyjne: PK 15-25 oraz NPK 5-12-15. Nawozy o przedstawionych formułach są oferowane przez wielu wytwórców krajowych i zagranicznych i mogą być stosowane pod niemal wszystkie uprawy. Jako surowce do wytwarzania nawozów o zakładanych składach, oprócz produktów odpadowych, mogą zostać wykorzystane: siarczan amonu (nawóz NPK) oraz sól potasowa (nawozy PK i NPK). Wytwarzanie nawozów według opracowanej koncepcji polega na granulacji pulpy otrzymanej przez rozkład szlamów pofiltracyjnych kwasem siarkowym. Do węzła granulacji dozowane są także surowce w postaci stałej oraz zawrót wysuszonego podziarna i rozdrobnionego nadziarna. W trakcie szeregu prób półtechnicznych określono parametry prowadzenia procesu granulacji, a w ich wyniku otrzymano produkty cechujące się dobrymi właściwościami fizykochemicznymi.

#### 4. Prace wdrożeniowe prowadzone w Alwerni S.A.

Bazując na wynikach przeprowadzonych badań, w INS opracowano projekt procesowy wytwarzania nawozów wieloskładnikowych z wykorzystaniem produktów ubocznych, a Zakłady podjęły decyzję o budowie instalacji, której uproszczony schemat przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Uproszczony schemat instalacji przemysłowej wytwarzania nawozów wieloskładnikowych w ALWERNI S.A.

Instalacja ta składa się z dwóch bliźniaczych linii granulacji o łącznej zdolności produkcyjnej wynoszącej 20 tys. ton/rok. Proces wytwarzania nawozów jest zbliżony do sposobu prowadzenia prób półtechnicznych. Do mieszalnika łopatkowego kierowane są: pulpa procesowa, mieszanina surowców sypkich oraz zawrót. Wytworzony pregranulat trafia do talerza granulacyjnego. Z talerza granulaty kierowane są do suszarki, a następnie poprzez system przenośników na przesiewacz. Frakcja właściwa produktu trafia do zasobnika, a podziarno i zmielone nadziarno kierowane są do mieszalnika łopatkowego. Obecnie Alwernia S.A. wytwarza grupę nawozów wieloskładnikowych o nazwie handlowej MagPlon cechujących się następującymi składami NPK 5-9-18; NPK 3,5-8-15; NPK 5-9-23 z borem oraz PK 11-24. Nawozy te oprócz głównych składników pokarmowych zawierają także znaczne ilości magnezu i siarki niezbędnych roślinom do prawidłowego rozwoju. Biorąc pod uwagę właściwości fizykochemiczne nawozy nie odbiegają właściwościami od nawozów wieloskładnikowych oferowanych przez innych wytwórców krajowych i zagranicznych. Zrealizowana inwestycja w postaci wybudowanej instalacji granulacji nawozów umożliwiła Alwerni S.A. znaczne rozszerzenie oferty swoich produktów. Doświadczenie pracowników Zakładów zdobyte podczas wszystkich etapów realizacji tej inwestycji oraz ich zaangażowanie zaowocowało nowymi rozwiązaniami. W wyniku prac wykonanych w Alwerni S.A. opracowano technologię wytwarzania nawozów ogrodniczych Floralcal (Iglak, Ogródek, Zakwaszający). Do nowych produktów należy zaliczyć także granulowany siarczan magnezu, który w 2010 roku w XIII-tej Edycji

Konkursu „Polski Produkt Przyszłości” ogłoszonego przez PARP zajął pierwsze miejsce w kategorii „Technologia Przyszłości w Fазie Przedwdrożeńowej” a w 2011 został ujęty w „Raportcie o innowacyjności produktowej” Instytutu Nauk Ekonomicznych PAN w gronie najbardziej innowacyjnych polskich wyrobów [13]. Produkt ten, zawierający głównie uwodnione formy siarczanu magnezu wytwarzany jest według innowacyjnej technologii a głównym surowcem do jego wytwarzania jest odpadowe błoto pomagnezowe pochodzące z produkcji krystalicznego siarczanu magnezu siedmiowodnego [14]. Surowcami do wytwarzania technicznego, krystalicznego siarczanu magnezu są magnezyt kaustyczny i kwas siarkowy. Poszukując możliwości obniżenia kosztów produkcji a tym samym zwiększenia konkurencyjności tego produktu zbadano możliwość wytwarzania siarczanu magnezu z surowców alternatywnych. Jednym z takich surowców jest dolomit. Wytwarzanie siarczanu magnezu z tego surowca wiąże się z powstawaniem znacznej ilości produktu ubocznego jakim jest gips. W INS opracowano koncepcję zagospodarowania odpadu w warunkach Zakładów, według której uzyskiwane byłyby nawozy azotowo-siarkowe zawierające także wapń i magnez, w których źródłem azotu byłby mocznik. Siarczany wapnia i magnezu zawarte w odpadzie będą związane w nawozie w postaci adduktów. Wyniki prób półtechnicznych potwierdziły możliwość uzyskania nawozu o składzie 25 % N; 8 % S; 14 % CaO oraz 3,5 % MgO charakteryzującego się odpowiednimi właściwościami użytkowymi.

## 5. Wnioski

Większości procesów produkcyjnych z różnych gałęzi przemysłu towarzyszy wytwarzanie, oprócz produktów głównych, także znaczących ilości produktów ubocznych i odpadów. Produkty uboczne i odpady na ogół nie mają większej wartości z punktu widzenia produkcji głównej ale dość często posiadają w swoim składzie cenne składniki z punktu widzenia innych technologii. Odpady z różnych gałęzi gospodarki są wykorzystywane gospodarczo w różnym stopniu. W dalszym ciągu istnieją duże możliwości ich zagospodarowania z pożytkiem dla gospodarki i dla środowiska naturalnego. Jako przykład działań zmierzających do gospodarczego wykorzystania odpadów i zmniejszenia uciążliwości produkcji dla środowiska można przedstawić rozwiązania przyjęte w Alwerni S.A. Współpraca Zakładów z Instytutem Nawozów Sztucznych przyczyniła się do uruchomienia produkcji nowej gamy wyrobów – nawozów wieloskładnikowych. Obecnie w efekcie przyjętej w Alwerni S.A. polityki proekologicznej prowadzone są tylko technologie bezodpadowe lub technologie powiązane ze sobą w taki sposób, że odpad powstający przy jednej produkcji stanowi surowiec w innym procesie. Ponadto odpady zdeponowane w przeszłości na zakładowym składowisku są obecnie wykorzystywane do wytwarzania wartościowych produktów. Dotychczas przy produkcji nawozów w Alwerni S.A. zagospodarowano około 36 tys. ton produktów ubocznych z innych technologii, które wcześniej traktowane były jako odpady. Działania Alwerni S.A. na polu wdrażania nowych produktów i rozwiązań proekologicznych zostały docenione wieloma nagrodami i tytułami wśród których należy wymienić takie jak: Krajowy Lider Innowacji i Rozwoju, Perła Polskiej Gospodarki, Firma Bliska Środowisku.

## Literatura

1. Grzebisz W.: Nawożenie roślin uprawnych. Podstawy nawożenia. Tom 1. PWRiL, Warszawa 2008.

2. International Fertilizer Industry Association: Fertilizers Indicators May 2013. IFA, Paris 2013.
3. Dittmar H., Drach M., Vosskamp R., Trenkel M., Gutser R., Steffens G., Fertilizers, 2. Types. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. 14, 2012, s. 199-246.
4. Palgrave D.A. editor: Fluid Fertilizer Science and Technology. Marcel Dekker, Inc New York 1991.
5. Grzmil B.: Wieloskładnikowe nawozy kompleksowe i mieszane. Studium porównawcze. Przemysł Chemiczny, t. 81, Nr 2, 2002, 92-97.
6. United Nations Industrial Development Organization, International Fertilizer Development Center: Fertilizer Manual. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1998.
7. Dobrzański Z., Górecki H.: Problemy utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 547, ITN nr 5, 1998, s. 21-24.
8. Biskupski A., Malinowski P., Borowik M., Ochał A.: Próby wykorzystania odpadów z różnych działów gospodarki do produkcji nawozów mineralnych. Przemysł Chemiczny, t. 85, nr 8/9, 2006, s. 798-801.
9. Górecki H., Górecka H., Chojnacka K.: Możliwości wykorzystania technologicznego odnawialnych źródeł fosforu. Przemysł Chemiczny, t. 85, Nr 8/9, 2006, s. 814-818.
10. Borowik M., Biskupski A., Malinowski P.: Możliwości odzysku jonów amonowych i ortofosforanowych ze ścieków i roztworów odpadowych w postaci ortofosforanu magnezu i amonu (struwitu). Przemysł Chemiczny, 2006, t. 85, nr 7, 503-506.
11. Biskupski A., Malinowski P., Wantuch W., Urbańczyk L., Pasternacki J., Kotowicz J.: Granulacja nawozów azotowo-siarkowo-magnezowych jako sposób utylizacji odpadu z produkcji siarczanu magnezu. Materiały VII Ogólnopolskiego Sympozjum GRANULACJA 2005, Puławy - Kazimierz Dolny, 11-13.10.2005r.
12. Malinowski P., Olech M., Sas J., Wantuch W., Biskupski A., Urbańczyk L., Borowik M., Kotowicz J.: Production of compound mineral fertilizers as a method of utilization of waste products in chemical company Alwernia S.A., Polish Journal of Chemical Technology, Vol. 12, No 3, 2010, s. 6-9.
13. Baczko T., Puchała-Krzywina E. (red.): Raport o innowacyjności produktowej w Polsce w 2011 roku, INE PAN, MSN, Warszawa 2011.
14. Zgłoszenie Patentowe PL 398 010, 2012.

Dr inż. Przemysław Malinowski, prof. nadzw.  
 Studium Nauk Podstawowych  
 Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie  
 48-300 Nysa, ul. Armii Krajowej 7  
 tel. (77) 409 16 51 fax. (77)  
 e-mail: przemyslaw.malinowski@pwsz.nysa.pl

Mgr inż. Mirosław Olech  
 Mgr inż. Wiesław Wantuch  
 Mgr inż. Leszek Urbańczyk  
 Alwernia S.A.  
 32-566 Alwernia, ul. Karola Olszewskiego 25  
 tel. (12) 258 91 00, fax. (12) 283 21 88  
 e-mail: molech@alwernia.com.pl  
 wantuch@alwernia.com.pl  
 lurbanczyk@alwernia.com.pl

Dr inż. Andrzej Biskupski, prof. nadzw.  
 Zakład Nawozów  
 Instytut Nawozów Sztucznych  
 24-110 Puławy, Al. Tysiąclecia Państwa  
 Polskiego 13a  
 tel. (81) 887 53 66, fax (81) 473 14 10  
 e-mail: andrzej.biskupski@ins.pulawy.pl