

## Agrofizyka – fizyka w rolnictwie

Krystyna Konstankiewicz<sup>1</sup>

*Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie*

### 1. Trochę historii i wspomnień

Ostatni XLI Zjazd Fizyków Polskich odbył się w Lublinie w dniach 4–9 września 2011 roku. Był to trzeci zjazd w historii odbywający się w ośrodku lubelskim; pierwszy – XX Zjazd – odbył się w dniach 12–17 września 1967 roku, natomiast drugi – XXVII Zjazd – w dniach 21–25 września 1981 roku.

Tak się złożyło, że w pierwszym z tych spotkań brałam czynny udział w organizowaniu tej ogromnej imprezy – około 700 uczestników, znanych fizyków, goście zagraniczni. My, wówczas studenci i aktywni członkowie Naukowego Koła Studentów Fizyki, braliśmy udział w obsłudze biura Zjazdu, recepcji, przyjmowaliśmy gości, pomagaliśmy w takich sprawach jak przejazdy, zakwaterowanie, organizacja wystawy. Trzeba zaznaczyć, że wszystkie sprawy codzienne, bytowe w tamtych czasach wymagały zaangażowania i dużej pracy ze strony organizatorów. Studenci byli więc bardzo pomocni w wielu działaniach, a także uczyli się od największych mistrzów – podczas wykładów, naukowych dyskusji, spotkań. To było bardzo dobre doświadczenie w zakresie organizacji, odpowiedzialności i jednocześnie pozwalało nam, młodym ludziom, na bezpośrednie spotkanie ze wspaniałymi wykładowcami. Zapamiętałam wykłady profesorów Wojciecha Rubinowicza czy Arkadiusza Piekary. Próbowaliśmy także prezentować własne, studenckie osiągnięcia. W ramach imprez towarzyszących podczas XX Zjazdu odbył się Ogólnopolski Zjazd Kół Naukowych, w którym aktywnie uczestniczyliśmy.

Nie przypuszczałam wtedy, że zdobyte doświadczenie może być przydatne w dalszej mojej pracy. Przekonanie o potrzebie naukowych spotkań w szerokim gronie i wprowadzanie do nich młodych pracowników, doktorantów, studentów pozytywnie zweryfikowałam podczas wielu lat pracy naukowej w Instytucie Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN.

Na XLI Zjeździe, po raz pierwszy została zaprezentowana samodzielna sekcja *Agrofizyka*. Było to możliwe dzięki przychylności Komitetu Naukowego Zjazdu. Nie bez znaczenia był też fakt, że Zjazd ten odbywał się w Lublinie, gdzie od 1968 roku funkcjonuje Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN. Ulokowanie takiego instytutu właśnie w regionie lubelskim – rolniczym wydaje się uzasadnione, chociaż w okresie powstawania nie było to takie oczywiste. Decyzję o powstaniu Instytutu Agrofizyki zawdzięczamy wielkiej

---

<sup>1</sup> Koordynator sesji specjalistycznej *Agrofizyka* podczas XLI Zjazdu Fizyków Polskich, Lublin, 4–9 września 2011.

determinacji profesora Bohdana Dobrzańskiego (1909–1987), jego zdolnościom organizatorskim i uzasadnionemu przekonaniu o konieczności poszerzenia nauk rolniczych o nowe specjalności. Można powiedzieć, że był w tym zakresie prekursorem rozwoju badań interdyscyplinarnych.

Współczesne nauki rolnicze należą do najbardziej interdyscyplinarnych, z powodzeniem wykorzystują najnowsze osiągnięcia, m.in. biologii, fizyki, chemii, genetyki, informatyki, technologii żywności, automatyki i wielu innych.

## **2. Agrofizyka – dyscyplina, specjalność**

Agrofizyka należy do stosunkowo nowych dyscyplin naukowych, pomimo że już w połowie XVIII wieku występowała w naukach rolniczych jako „agronomiczna fizyka”. Agrofizyka we współczesnym kształcie rozwinęła się wraz z powstaniem Instytutu Agrofizyki jako specjalność naukowa zajmująca się zastosowaniem metod fizyki i fizykochemii do badań właściwości materiałów rolniczych i produktów rolnych oraz procesów zachodzących w układach gleba–roślina–atmosfera oraz gleba–roślina–maszyna–produkt rolny, ze szczególnym uwzględnieniem jakości surowców i produktów żywnościowych.

Rezultaty badań agrofizycznych wpływają na rozwój praktycznych rozwiązań w rolnictwie poprzez doskonalenie metod i systemów monitoringu parametrów fizycznych środowiska, określenie przestrzennej zmienności właściwości gleb dla rolnictwa precyzyjnego, zarządzania bazami danych oraz tworzenia modeli prognostycznych, pomiaru charakterystyk materiałowych do oceny i monitoringu jakości surowców i produktów żywnościowych w poszczególnych ogniwach łańcucha produkcji żywności (spektroskopia dielektryczna, mikrotomografia, mechatronika, analiza obrazu), modelowanie procesów technologicznych produkcji bezpiecznej żywności, poszukiwanie alternatywnych technologii pozyskiwania biomasy na cele energetyczne, procesów gazyfikowania biomasy oraz sposobów utylizacji i zagospodarowania odpadów pofermentacyjnych.

Powyższe rozwiązania znajdują zastosowanie w kształtowaniu środowiska przyrodniczego, gleboznawstwie, uprawie roli i roślin, racjonalnym gospodarowaniu wodą, w rolnictwie ekologicznym, konstrukcji i eksploatacji maszyn rolniczych, przemyśle rolno-spożywczym, biotechnologii, energii odnawialnej.

Tematyka agrofizyczna jest także wprowadzana do dydaktyki, specjalistycznych kierunków na różnych poziomach kształcenia w wielu uczelniach. Z tego zakresu wykonywane są prace dyplomowe, magisterskie, doktoraty i habilitacje. Agrofizyka nie stanowi samodzielnej dyscypliny, ale jest wyodrębnioną specjalnością w naukach rolniczych. Publikacje dotyczące agrofizyki mają ugruntowaną pozycję w wielu znaczących, międzynarodowych czasopismach. Problematykę agrofizyczną kompleksowo przedstawił międzynarodowy zespół autorów (300 z 34 krajów) w pierwszym światowym wydaniu *Encyclopedia of Agrophysics*, która jest dostępna także w internecie [1, 2].

### 3. Specyfika badań agrofizycznych

Badania prowadzone w Instytucie Agrofizyki PAN [3, 4] dotyczą fizyki i biologii środowiska, fizyki materiałów roślinnych, metrologii agrofizycznej oraz monitoringu, modelowania i symulacji komputerowych. Tematyka badań obejmuje w szczególności:

- procesy fizyczne, fizykochemiczne i biologiczne w układzie: gleba–roślina–atmosfera,
- właściwości fizyczne roślin i płodów rolnych oraz procesy fizyczne zachodzące podczas wegetacji, zbioru, transportu, przechowywania i przetwarzania,
- opracowywanie i doskonalenie wyspecjalizowanych, fizycznych metod pomiarowych,
- monitoring badawczy, modelowanie procesów fizycznych w środowisku przyrodniczym oraz procesów przetwórczych.

Bardzo istotnym elementem prowadzonych prac jest poszukiwanie i wprowadzanie nowych metod pomiaru jakości środowiska oraz surowców i produktów rolniczych, jak też teoretycznego opisu procesów powodujących zmiany jakości.

Spełnienie wysokich wymagań co do jakości produktów rolnych, o różnym przeznaczeniu, ułatwia nie tylko ich wejście, ale i utrzymanie się na zglobalizowanym rynku światowym. Szczególnie wysokie wymagania są stawiane zdrowej żywności, co jest związane z przestrzeganiem bardzo ostrych standardów i wdrażaniem metod rolnictwa precyzyjnego. Przepisy dotyczące produkcji żywności są nadzwyczaj restrykcyjne i wymagają monitorowania coraz szerszej gamy właściwości tych materiałów, a także warunków ich produkcji, uprawy i przechowywania.

Określenie jakości surowców i produktów wiąże się z ilościowym oznaczeniem ich cech w sposób obiektywny, powtarzalny i najlepiej automatyczny. Doskonalenie procesu monitorowania w przypadku surowców i produktów rolniczych jest trudne głównie ze względu na ich dużą biologiczną różnorodność oraz ze względu na wpływ wielu czynników wynikających ze złożonych środowiskowych warunków uprawy, a także procesów technologicznych. Tak skomplikowane obiekty badawcze wymagają opracowania oryginalnych metod pomiarowych poprzedzonych badaniami podstawowymi. W większości wypadków nie jest możliwa adaptacja systemów pomiarowych powszechnie stosowanych w badaniach innych materiałów. Opracowane metody badawcze wymagają zaś ciągłego doskonalenia zarówno ze względu na szybki rozwój technik pomiarowych, jak i zmieniające się wymagania odmianowe związane z przeznaczeniem produktów rolnych, warunki uprawowe, klimatyczne, a także coraz wyższe wymagania ekologiczne i ekonomiczne.

Produkcja roślin jest ściśle związana z właściwościami środowiska naturalnego, glebowego, także z trudnymi warunkami wynikającymi z degradacji gleb – zanieczyszczenia, zakwaszenia, erozji, suszy, powodzi itp. Metody fizyczne wykorzystywane do tworzenia baz danych o środowisku wzrostu i rozwoju

roślin pozwalają na opracowywanie sposobów regulacji warunków powierzchniowych, hydro- i termofizycznych. Produkcja rolnicza przeznaczona na cele energetyczne wymaga biomasy o szczególnych właściwościach fizycznych, optymalnych do przeprowadzenia całego procesu technologicznego, od zbioru poprzez suszenie do spalania finalnego produktu.

Tylko coraz większa wiedza o prowadzonej działalności produkcji rolniczej może zaowocować podniesieniem jakości plonu, wprowadzaniem właściwych upraw – także tych związanych z nowo rozwijającym się rynkiem biopaliw i odnawialnych źródeł energii. Dobry surowiec rolniczy może przyspieszyć rozwój wielu gałęzi przemysłu – oprócz spożywczego także m.in. tłuszczowego, paliwowego, farmaceutyczno-kosmetycznego i wielu innych.

#### **4. Prezentacje podczas specjalistycznej sekcji *Agrofizyka***

Podczas XLI Zjazdu Fizyków Polskich 5 września 2011 odbyła się samodzielna sesja specjalistyczna *Agrofizyka*, jako wyjazdowe spotkanie uczestników Zjazdu w Instytucie Agrofizyki PAN [5].

Do udziału w sesji zostali zaproszeni wszyscy zainteresowani poszerzeniem tematyki dydaktycznej na różnym poziomie, nawiązaniem współpracy i zapoznaniem się z najnowszą ofertą laboratoryjną Instytutu oraz pracownicy uczelni prowadzący zajęcia z agrofizyki, realizujący projekty z pokrewnych dyscyplin, doktoranci.

Instytut stanął przed dużym wyzwaniem, agrofizyka pojawiła się po raz pierwszy na zjeździe fizyków, chcieliśmy dobrze wypaść. Podczas sesji zostały przedstawione referaty i postery z wybranej problematyki, przygotowane przede wszystkim przez absolwentów fizyki, różnych roczników – pracowników i doktorantów.

W referacie wprowadzającym została zdefiniowana agrofizyka, pokazane główne kierunki badawcze – badania, kształcenie, działania innowacyjne, a także możliwości praktycznego wykorzystania wyników. Zostały przedstawione także dwa duże projekty i ich rezultaty – nowe laboratoria z wyposażeniem i problematyką badawczą [3].

W kolejnym referacie przedstawiono bieżący stan badań nad rolą struktury ścian komórkowych w teksturze owoców i warzyw, podstawowym atrybucie ich jakości, z wykorzystaniem mikroskopu sił atomowych (AFM), który umożliwia prowadzenie badań w skali nano, zarówno poszczególnych łańcuchów polisacharydów, jak i ich właściwości mechanicznych [6].

Następna prezentacja dotyczyła modelowania procesów transportu masy i energii w systemie gleba – roślina – atmosfera, z uwzględnieniem transportu w porowatym ośrodku glebowym, w roślinie – na długich i krótkich dystansach oraz z rośliny do otaczającej atmosfery [7].

Przedstawiono wykorzystanie obserwacji satelitarnych do oceny zmienności czasowej i przestrzennej procesów fizycznych i biologicznych w środowisku,

szczególnie wilgotności gleby, jako ważnego elementu kompleksowej oceny środowiska w dużej skali – od regionalnej po globalną [8].

W kolejnym referacie zaprezentowano techniki spektroskopii dielektrycznej oraz aparaturę pomiarową do nieinwazyjnego wyznaczania zmienności zespolonej przenikalności elektrycznej materiałów rolniczych do oceny wilgotności i cech jakościowych tych materiałów [9].

Dalsze dwa wystąpienia dotyczyły badań materiałów granulanych, ich specyficznych właściwości, dyskretnej budowy złoża (nieciągłość, niejednorodność, anizotropia) i związanych z tym problemów technologicznych oraz wykorzystania metody elementów dyskretnych do oceny zachowań tego typu materiałów – uwzględnienia oddziaływań pomiędzy pojedynczymi elementami ośrodka, realnych parametrów materiałowych, weryfikacji doświadczalnej w modelowym silosie [10, 11].

## 5. Oferta laboratoryjna

Prowadzenie badań z zakresu tematyki agrofizycznej wymaga wysoko wyspecjalizowanych laboratoriów, z dobrym wyposażeniem. Dzięki realizacji dwóch projektów w ramach Programu Operacyjnego Polski Wschodniej 2007–2013 Instytut doposażył 12 posiadanych laboratoriów oraz utworzył 6 nowych i zrealizował zakup najnowszej aparatury. Zwiększa to potencjał badawczy Instytutu i otwiera nowe możliwości do szerszej współpracy i wykorzystania badań w praktyce.

Uczestnicy sesji *Agrofizyka* zwiedzili wybrane laboratoria, m.in.: monitoringu środowiska przyrodniczego, termografii, mikrotomografii, zastosowań optycznych technik pomiarowych, spektroskopii dielektrycznej, mikroskopii, analizy sensorycznej i właściwości mechanicznych, właściwości powierzchniowych i strukturalnych gleb i roślin, chromatografii gazowej, systemu korzeniowego roślin, właściwości fizycznych owoców i warzyw, oceny jakości surowców zbożowych i oleistych, mechaniki materiałów sypkich, nowych technologii pozyskiwania energii odnawialnej z biomasy. Pokazy w laboratoriach przygotowali pracownicy i uczestnicy studiów doktoranckich w Instytucie.

## 6. Agrofizyka w procesach kształcenia

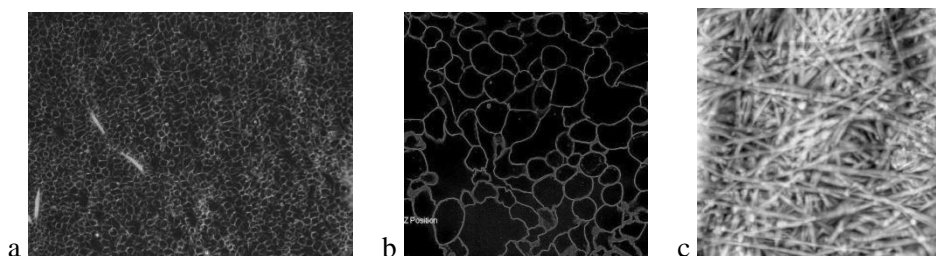
Podczas sesji została zaprezentowana także aktywność Instytutu w zakresie kształcenia. Przygotowano plansze dotyczące prowadzonych od wielu lat szkół tematycznych, zajęć dydaktycznych, popularyzatorskie, a przede wszystkim studiów doktoranckich.

Instytut Agrofizyki PAN ma pełne uprawnienia do nadawania tytułu i stopni naukowych w zakresie nauk rolniczych, agronomii/agrofizyki i z tego zakresu prowadzi studia doktoranckie od 2004 roku. Studia są dedykowane absolwentom kierunków przyrodniczych. Najliczniejszą grupę doktorantów stanowią fizycy, chemicy, biolodzy, a także absolwenci rolnictwa – ochrony środowiska, technologii żywności, inżynierii rolniczej, kierunków politechnicznych –

mechaniki. Doktoranci prowadzą badania, uczestniczą w programowych zajęciach, konferencjach, mogą ubiegać się o projekty badawcze i stypendia oraz brać udział w programach badawczych.

Dobrą i od wielu lat praktykowaną popularyzacją tematyki agrofizycznej są pokazy podczas takich imprez jak Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, a także lokalny Lubelski Festiwal Nauki. Nasze stoiska odwiedza wielu zainteresowanych, a w ramach pokazów w laboratoriach uczestniczą setki młodzieży z różnych szkół, poszerzając programy nauczania.

Doktoranci biorą aktywny udział w konferencjach, także przy ich organizacji, obsłudze, pracach redakcyjnych, a każdy rodzaj wykonywanych zadań spełnia też rolę kształcenia [4].



Obrazy komórkowej struktury tkanki jabłka w różnych powiększeniach: a) makroskop – 8 x 6 mm, b) skaningowy laserowy mikroskop konfokalny (CLSM) – 1,4 x 1,4 mm, c) mikroskop sił atomowych (AFM) – 1,5 x 1,5  $\mu\text{m}$ , celuloza w ścianie komórkowej [12]

### Bibliografia

- [1] J. Gliński, J. Horabik, J. Lipeć (eds): *Encyclopedia of Agrophysics*, Springer 2011.
- [2] [http://www.springerlink.com/reference-works/to visit the „Earth Sciences Series”](http://www.springerlink.com/reference-works/to%20visit%20the%20%22Earth%20Sciences%20Series%22).
- [3] J. Horabik, G. Józefaciuk, K. Konstankiewicz, *Agrofizyka – fizyka w rolnictwie. Przegląd badań prowadzonych w Instytucie Agrofizyki PAN*, Materiały XLI Zjazdu Fizyków Polskich, Sesja B Agrofizyka, Lublin, 4–9 września 2011.
- [4] <http://www.ipan.lublin.pl>
- [5] <http://www.ptf.umcs.lublin.pl/zjazd/>
- [6] A. Zdunek, *Budowa i mechanika ścian komórkowych a tekstura owoców: badania AFM*, ibidem.
- [7] C. Sławiński, P. Baranowski, K. Lamorski, B. Usowicz, *Modelowanie procesów transportu zachodzących w systemie gleba–roślina–atmosfera*, ibidem.
- [8] M. Łukowski, B. Usowicz, W. Marczewski, *Wilgotności gleby – obserwacje naziemne i satelitarne*, ibidem.
- [9] A. Wilczek, W. Skierucha, *Techniki spektroskopii dielektrycznej w zastosowaniach agrofizycznych*, ibidem.
- [10] R. Kobyłka, M. Molenda, *Symulacje obciążenia obiektów zanurzonych w materiale sypkim metoda elementów dyskretnych (DEM)*, ibidem.
- [11] P. Parafiniuk, M. Molenda, J. Horabik, *Wpływ modelu sił kontaktu na symulacje numeryczne wpływu rzepaku z modelowego silosu*, ibidem.
- [12] <http://www.mam.ipan.lublin.pl>