



foto: arch. Łukasiewicz – IChP

# Innowacje rodzą się na granicy możliwości

Rozmowa z dr inż. Ewą Śmigierą,  
dyrektorką Łukasiewicz – Instytutu Chemii Przemysłowej

**Małgorzata Ullmann:** Jak w ostatnich latach zmieniła się rola laboratoriów chemicznych w przemyśle?

**Ewa Śmigiera:** To pytanie dotyka czegoś, co obserwuję w czasie mojego niemal 30-letniego doświadczenia w branży czy też jednostce badawczej i co ostatnio, przy okazji realizacji

projektu „Kampus Mościcki”, dotyczącego rozwoju infrastruktury badawczo-rozwojowej Instytutu, nabrało dla mnie zupełnie nowego wymiaru.

Przez ostatnie trzy dekady laboratorium chemiczne (na przykładzie naszego Instytutu) pełniło w zasadzie rolę weryfikatora. W tym

okresie zauważalny był wyraźny spadek liczby wdrożeń oraz inwestycji w przemyśle chemicznym, spowodowany wieloma czynnikami ekonomicznymi, regulacyjnymi i technologicznymi. Z kolei istniejące przemysłowe procesy produkcyjne, wdrożone wiele lat wcześniej i zwykle wymagające modernizacji, optymalizacji czy dostosowania do nowych wymogów regulacyjnych, generowały pytania – laboratorium dostarczało odpowiedzi. To była relacja usługowa – ważna, profesjonalna, choć jednak reaktywna. Dziś ta relacja się zaczyna się odwracać, zataczając swoje koło, tj. wracając, w przypadku Łukasiewicz – IChP, do pierwotnej misji naszego założyciela, prof. I. Mościckiego – tworzenia technologii dla przemysłu, a nie tylko ich weryfikacji.

W historii Instytutu było wiele ważnych wdrożeń, zarówno w chemii przemysłowej, jak i farmacji. Obecnie, po okresie spowolnienia, a wręcz stagnacji, laboratorium coraz częściej jest miejscem, w którym pytanie dopiero powstaje, formułuje się hipotezę, testuje się ją w warunkach zbliżonych do przemysłowych i na tej podstawie decyduje, czy opłaca się inwestować w skalowanie i wdrażanie procesu, czy nie. Jest to zmiana o fundamentalnym znaczeniu dla całego modelu innowacji w przemyśle chemicznym. Widzę też zmianę w tym, jak przemysł postrzega instytuty badawcze. Jeszcze kilka lat temu firmy przychodziły do nas z zadaniem: „sprawdźcie, czy to działa”. Dziś coraz częściej przychodzą z wyzwaniem strategicznym: „pomóżcie nam zrozumieć, w którą stronę iść”, na przykład w kontekście konfliktu między presją efektywności ekonomicznej a koniecznością odpowiadania na wyzwania zielonej transformacji. To zupełnie inne zlecenie i zupełnie inne wymagania dla laboratorium. Musi ono umieć produkować nie tylko wyniki, ale interpretacje i trafne rekomendacje.

W instytucie badawczym takim jak nasz ta ewolucja jest widoczna szczególnie wyraźnie, bo prowadzimy projekty o bardzo zmiennej tematyce: od syntezy aktywnych substancji farmaceutycznych, przez materiały funkcjonalne, po technologie biotechnologiczne czy niskoemisyjne. Nie możemy sobie pozwolić na laboratorium skrojone pod jeden typ problemów. Musimy być przygotowani na szybkie zmiany kierunku działania, na wejście w nowe obszary tematyczne, na budowanie metodyki od podstaw lub sprawne adaptowanie już ist-

niejących rozwiązań. W warunkach narastającej niepewności geopolitycznej i gospodarczej elastyczność przestaje być atutem, a staje się koniecznością, także dla chemii jako dziedziny silnie powiązanej z bezpieczeństwem zdrowotnym, energetycznym i surowcowym.

Kończąc ten wątek, muszę wskazać na aspekt, który dotyka jednego z kluczowych problemów filozofii nauk, a mianowicie: gdzie w projektach badawczych leży granica między tym, co pokazuje wyrafinowana technologicznie aparatura, a tym, co przewiduje badacz, i jak bardzo może jej zaufać.

### No właśnie. Jaka jest odpowiedź?

Granica nie leży w aparaturze, lecz w interpretacji. Wyrafinowana technologicznie aparatura niczego sama nie „pokazuje”. Dostarcza sygnałów, zapisów, obrazów, danych liczbowych, ale to badacz decyduje, co uznać za istotne, co za szum, a co za artefakt. Granica przebiega więc nie między „tym, co obiektywne” i „tym, co subiektywne”, lecz między pomiarem a jego interpretacją. Aparatura nie zastępuje myślenia, a przewidywanie nie zniekształca rzeczywistości, dopóki obie strony pozostają wobec siebie krytyczne. Największym zagrożeniem nie jest ani niedoskonała aparatura, ani błędna hipoteza, lecz bezrefleksyjna pewność, że jedno lub drugie jest w pełni trafne.

### W jakim stopniu laboratoria chemiczne są dziś zautomatyzowane?

To pytanie ma kilka warstw i warto je rozdzielić, bo inaczej łatwo wpaść w pułapkę uproszczeń, które brzmią dobrze w materiałach marketingowych, ale nie wytrzymują zderzenia z naszą rzeczywistością laboratoryjną.

Zacznijmy od tego, gdzie automatyzacja ma pełne uzasadnienie i działa doskonale. W laboratoriach kontroli jakości przy produkcji seryjnej, a mamy takie w Łukasiewicz – IChP, szczególnie w obszarze farmaceutycznym, automatyzacja jest wysokim standardem i nikomu nie przychodzi do głowy jej kwestionowanie. Mamy powtarzalne próbki, zdefiniowane normy, ustalone procedury walidacyjne. W takich warunkach próbkowanie, automatyczne systemy chromatograficzne, zintegrowane systemy zbierania danych i archiwizacji to jest oczywistość, nie innowacja. Tu liczy się precyzja, powtarzalność i maszyna robi to lepiej niż człowiek. ▶

- ▶ Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w laboratoriach badawczych, nastawionych na prace B+R o niepowtarzalnym charakterze – tam automatyzacja ma ograniczenia, ponieważ badania eksploracyjne wymagają interpretacji i doświadczenia badacza.

Dlatego w Instytucie myślimy o automatyzacji bardzo selektywnie. Automatyzujemy to, co powtarzalne i co musi być niezawodne, bo tam błąd ludzki jest ryzykiem. W pracach badawczych stawiamy na to, żeby aparatura była wystarczająco wyrafinowana i unikatowa, żeby dać badaczowi pełną informację, ale decyżę, co z tą informacją zrobić, pozostawiamy człowiekowi.

Nie każda instytucja musi posiadać pełne spektrum aparatury. Coraz większą rolę odgrywa współdzielenie infrastruktury i kompetencji w ramach sieci badawczych.

### **Czy sztuczna inteligencja zmienia pracę laboratoriów, czy to nadal bardziej przyszłość niż teraźniejszość?**

W laboratorium chemicznym – zmienia, ale w węższym obszarze i wolniej, niż sugeruje to bieżący dyskurs publiczny.



## **AI nie zastępuje tego, co jest esencją pracy badacza: zdolności do sformułowania dobrego pytania, interpretacji wyników w świetle własnego doświadczenia oraz rozpoznania, kiedy wynik jest odkryciem, a kiedy artefaktem metody**

AI faktycznie działa i już dziś zmienia codzienność laboratoryjną przede wszystkim w trzech obszarach. Po pierwsze, analiza dużych zbiorów danych analitycznych, np. spektroskopowych czy chromatograficznych, bo modele uczenia maszynowego potrafią rozpoznawać wzorce, których ludzkie oko by nie wyłowiło w rozsądnym czasie, a także prowadzić laboratoryjne dzienniki elektroniczne. Po drugie, przyspieszenie pracy literaturowej, przeglądu stanu techniki czy przygotowywania publikacji to jest zmiana, której nie wolno bagatelizować, bo w instytucie badawczym czas poświęcony

na *research* literaturowy jest w pewnym sensie kosztem, który można zoptymalizować. Po trzecie, symulacje procesów chemicznych i cyfrowe bliźniaki oraz predykcja właściwości związków chemicznych na etapie projektowania syntezy – i to jest chyba najbardziej obiecujący kierunek, szczególnie dla nas, w kontekście wytwarzania API, gdzie przestrzeń możliwych ścieżek syntetycznych jest ogromna. Oznacza to m.in. możliwość modelowania (projektowania) na poziomie molekularnym struktur cząsteczek chemicznych o określonych właściwościach, np. jako kandydatów na leki. Niezwykle istotne są bezpieczeństwo gromadzonych danych i dostępność do nich dla osób trzecich. W Sieci Badawczej Łukasiewicz szczególnie o te aspekty dbamy, a zaawansowane systemy informatyczne i procedury związane z cyberbezpieczeństwem znacząco te ryzyka mitygują.

AI nie zastępuje i moim zdaniem jeszcze przez długi czas nie zastąpi tego, co jest esencją pracy badacza, a więc zdolności do sformułowania dobrego pytania, do interpretacji wyników w świetle własnego doświadczenia i wiedzy dziedzinowej, do rozpoznania, kiedy wynik jest odkryciem, a kiedy artefaktem metody. To są kompetencje, które powstają latami, które wymagają kontaktu z materią, z aparaturą, z niespodziewanym. Mamy w Instytucie projekty, w których tematyka jest na tyle niepowtarzalna, że gotowych danych treningowych po prostu nie ma. I to uświadamia nam, jak wiele w naszej pracy zależy od wiedzy eksperckiej, która nie jest skodyfikowana, bo nigdy nie musiała być, oraz od różnorodności ekspertów, co z kolei pozwala nam realizować projekty multidyscyplinarne.

### **Jakie są dziś największe wyzwania w zapewnieniu jakości wyników badań?**

Mogłabym oczywiście wymienić wyzwania techniczne, i są one realne, a więc: należycie zaprojektowane i zbudowane stanowisko badawcze wraz z integracją infrastruktury wspomagającej, automatyką i analityką, spójność metod walidacyjnych przy zmieniającej się tematyce, zarządzanie niepewnością pomiaru czy kalibracja aparatury w warunkach laboratoriów wielofunkcyjnych. Chcę jednak powiedzieć o wyzwaniu, które uważam za fundamentalne i o którym mówi się rzadziej, bo jest trudniejsze do oprzyrządowania, czyli o zarządzaniu wiedzą laboratoryjną w czasie.

Wynik badania ma wartość nie tylko wtedy, gdy jest świeży. Ma ją często dopiero po latach. Szczególnie kiedy wracamy do archiwalnych danych przy nowym projekcie, kiedy klient pyta o powtórzenie metodyki sprzed dekady, kiedy chcemy zbudować model predykcyjny i potrzebujemy historycznych danych. Tu zderza się piękny ideał z rzeczywistością wielu instytutów, w tym naszego. Dane istnieją, ale w formie, która nie pozwala na ich efektywne użycie. Wyniki przechowywane w niekompatybilnych systemach, metodyki opisane w dokumentach, które nie są „przeszukiwalne”, wiedza o warunkach eksperymentu zamknięta w głowach badaczy, którzy odeszli. Tworzenie kompleksowego systemu zarządzania wiedzą laboratoryjną, od tworzenia i walidacji wyników, przez ich archiwizację, po agregację w formie umożliwiającej przyszłe wykorzystanie – to jest jednym z największych wyzwań instytucjonalnych, przed którymi stoimy. I jestem przekonana, że to nie jest nasz problem „lokalny”. To wyzwanie całego sektora badań przemysłowych, niezależnie od dziedziny, szczególnie w sektorze publicznym. Wdrożyliśmy w Instytucie laboratoryjny dziennik elektroniczny, który te wszystkie funkcjonalności posiada, a dodatkowo pozwala na efektywną komunikację członków zespołów badawczych w projekcie, jak i pomiędzy różnymi projektami.

Drugi wymiar tego wyzwania to jakość współpracy zewnętrznej. Prowadzimy projekty, w których część analiz zlecamy partnerom, krajowym i zagranicznym. Sieć Badawcza Łukasiewicz daje nam w tym zakresie unikalną pozycję – to jest dostęp do wyspecjalizowanych laboratoriów partnerskich bez konieczności utrzymywania pełnego zakresu aparatury własnej. Niemniej rodzi to pytanie o odpowiedzialność za łańcuch jakości całego projektu. Musimy zapewnić, że wyniki zewnętrzne spełniają nasze standardy, że dane są transferowalne, a jednocześnie, że poufność wyników wobec zleceniodawcy przemysłowego jest zachowana na każdym etapie. To jest wyzwanie zarządcze i prawne, nie tylko techniczne.

### Jak dużą rolę odgrywają obecnie gospodarka obiegu zamkniętego i zrównoważony rozwój?

Gospodarka obiegu zamkniętego i zrównoważony rozwój przestały być hasłem wpisywanym do wniosków grantowych i stały się kryterium decyzyjnym w projektach, jak i w decyzjach dotyczących infrastruktury i aparatury.

I jest to zmiana, której nie da się już odwrócić, bo pochodzi ona nie z mody, ale z presji regulacyjnej, rynkowej i coraz częściej z wartości, które badacze wnoszą do swojej pracy.

Kraje wysoko uprzemysłowione dojrzały już do tego by zatroszczyć się o przyszłość następnych pokoleń. W światowym przemyśle chemicznym już od kilku lat realizowany jest



## Zrównoważony rozwój przemysłu chemicznego to przede wszystkim odpowiednia modernizacja chemicznych procesów produkcyjnych w kierunku zmniejszenia ich energochłonności i materiałochłonności, a także poprawy ich selektywności

program Chemia 4.0, w którym kluczową rolę odgrywają: gospodarka obiegu zamkniętego, zrównoważony (racjonalny) rozwój (*sustainable growth*) oraz cyfryzacja procesów przemysłowych. Polski przemysł chemiczny jest jeszcze na etapie wdrażania poprzedniego programu – Chemia 3.0, ale nasz Instytut jako ośrodek badawczy zobowiązany jest nie tylko śledzić trendy rozwoju światowego przemysłu, ale wręcz je wyprzedzać.

Zrównoważony rozwój przemysłu chemicznego to przede wszystkim odpowiednia modernizacja chemicznych procesów produkcyjnych w kierunku zmniejszenia ich energochłonności i materiałochłonności, a także poprawy ich selektywności, umożliwiającej ograniczenie powstawania produktów ubocznych i następczych. Gospodarka obiegu zamkniętego wzoruje się na dobrze funkcjonującym w przyrodzie obiegu wody słodkiej (spontaniczne parowanie wody z oceanów i kondensacja pary wodnej w chmurach) oraz obiegu ditlenku węgla (pochodzący ze spalania i oddychania ditlenek węgla jest w procesie fotosyntezy konwertowany do polisacharydów, wykorzystywanych jako pożywienie i materiał konstrukcyjny). W ramach fazy Chemia 4.0 szczególnie ważne stało się oparcie produkcji chemicznej na surowcach odnawialnych (biomasie) oraz surowcach wtórnych i umożliwienie zagospodarowania ►

► wszelkich odpadów (a zwłaszcza odpadów konsumenckich, powstających po upływie czasu życia produktów chemicznych) i zastąpienia nimi nieodnawialnych surowców mineralnych. Ważnym elementem Chemii 4.0 jest wreszcie cyfryzacja procesów produkcyjnych i administracyjnych, mająca na celu wykorzystanie wszelkich rezerw tkwiących w tych procesach. To nie tylko usprawnienie zarządzania przedsiębiorstwami przemysłowymi i logistyką w obrocie towarowym (zarządzanie łańcuchami dostaw), ale przede wszystkim modelowanie i symulacje komputerowe procesów chemicznych, umożliwiające ich automatyzację i sterowanie nimi (Internet Rzeczy, bliźniaki cyfrowe, sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe), a także tworzenie baz niezbędnych danych o rynku (kooperanci, dostawcy surowców, odbiorcy produktów) oraz poprawa bezpieczeństwa pracy i zmniejszenie awaryjności urządzeń.

W Instytucie mamy długą tradycję prac z pogranicza chemii i środowiska. Dla przykładu w przez wiele lat opracowywano tu np. technologie oczyszczania ścieków przemysłowych metodami membranowymi. To nie jest dla nas temat nowy. Ale to, co się zmieniło w ostatnich latach, to sposób, w jaki zrównoważony rozwój

producenta da się zaadaptować do mniejszych objętości próbki, bo każde zmniejszenie zużycia odczynników to nie tylko oszczędność finansowa, ale również redukcja odpadów laboratoryjnych. Coraz częściej oczekujemy od producentów aparatury partnerskiej współpracy przy rozwiązywaniu niestandardowych problemów badawczych.

### Jakie obszary badań chemicznych rozwijają się dziś najszybciej?

Dziś rozwój chemii napędzają przede wszystkim globalne wyzwania, tzw. „megasilniki” (klimat, zdrowie, energia) oraz nowe technologie (AI, nanotechnologia). Prowadzona w naszym Instytucie aktywność, będąca odpowiedzią na te wyzwania, koncentruje się głównie na działaniach w zakresie rozwoju niskoemisyjnych technologii wykorzystujących surowce ze źródeł odnawialnych oraz zmierzających do wydajnego wykorzystania energii w procesach chemicznych i biotechnologii przemysłowej, a także otrzymywania, modyfikacji i przetwórstwa polimerów syntetycznych i naturalnych oraz syntezy substancji aktywnych API. Instytut prowadzi obecnie prace badawczo-rozwojowe m.in. w obszarze wykorzystania biotechnologii do mikrobiologicznego wytwarzania biopolimeru P3HB z grupy polihydroksyalkanianów (PHA), całkowicie biodegradowalnego i stosowanego w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym i kosmetycznym, a także w zakresie recyklingu odpadów elektronicznych (odzysk metali ziem rzadkich), otrzymywania zrównoważonych folii PVA oraz folii na bazie chitosanu z ekstraktem ze skórki owoców do zastosowań w opakowaniach artykułów spożywczych, powłok proszkowych, płyt izolacyjnych wykonanych z poliuretanu i polii-zocyanuranu (PUR/PIR)75) czy oprogramowania ANSYS Fluent w modelowaniu przepływów w reaktorach chemicznych, a także w syntezie substancji aktywnych i opracowywaniu formułacji form gotowych leków (np. tabletki stosowane w leczeniu stwardnienia rozsianego na bazie produkowanej w Instytucie kładrybiny).

Reasumując, transformacja w kierunku Chemii 4.0 ma przyspieszyć wdrażanie nowych technologii i zwiększyć konkurencyjność Instytutu, m.in. dzięki projektowi „Kampus Mościcki”.

**Dziękuję za rozmowę.**



## Dziś rozwój chemii napędzają przede wszystkim globalne wyzwania, tzw. „megasilniki” oraz nowe technologie

przenika do każdej warstwy projektu badawczego. Kiedy projektujemy syntezę aktywnej substancji farmaceutycznej, pytanie o możliwość zastąpienia rozpuszczalników chlorowanych alternatywami biodegradowalnymi to nie jest pytanie dodatkowe, zadawane na końcu.

Podobnie w decyzjach zakupowych dotyczących aparatury. Pytamy dziś dostawców o zużycie energii przez instrument w trybie czuwania. Pytamy o żywotność lamp i detektorów, o dostępność części zamiennych przez kolejne dziesięć, piętnaście lat, bo kupując instrument, kupujemy zobowiązanie, i nie chcemy systemu, który za trzy lata stanie się elektronicznym odpadem. Pytamy o to, czy metody referencyjne