




BEZ RAM,
BEZ GRANIC



O tym, jak fascynującym elementem przyrody są rzeki, a także o nowatorskim podejściu organizacji kongresu IAHR opowiada **prof. Paweł M. Rowiński**, wiceprezes PAN i badacz z Instytutu Geofizyki PAN.

Jakie są oczekiwania wobec kongresu IAHR z punktu widzenia polskiej nauki?

PAWEŁ M. ROWIŃSKI: Myślę, że to jedno z najważniejszych wydarzeń dotyczących szeroko pojętych zagadnień wodnych w powojennej historii Polski. Co więcej, do tej pory w żadnym z państw Europy Centralnej nie odbył się ogólny kongres pod auspicjami IAHR. Miały miejsce jedynie spotkania tematyczne na znacznie mniejszą skalę. Jesteśmy szczególnie dumni, bo chętnych do organizacji tych prestiżowych kongresów jest wielu, a aprobatę IAHR zyskała propozycja przygotowana wspólnie przez Polską Akademię Nauk, Instytut Geofizyki PAN i Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego.



JAKUB OSTALOWSKI

prof. Paweł M. Rowiński

Jest członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk i wiceprezesem Polskiej Akademii Nauk. W latach 2008–2015 był dyrektorem Instytutu Geofizyki PAN. Był też współtwórcą i pierwszym przewodniczącym Centrum Badań Ziemi i Planet GeoPlanet PAN. Od 2016 roku jest wiceprzewodniczącym Zarządu Europejskiego Oddziału International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), a od 2006 roku kierownikiem Międzynarodowej Szkoły Hydrodynamiki pod auspicjami IAHR i Komitetu Gospodarki Wodnej PAN. Jest autorem lub współautorem ponad 160 publikacji naukowych i 19 książek bądź wydań specjalnych czasopism naukowych. Jest członkiem zarządu ALLEA, the European Federation of Academies of Sciences and Humanities. Jest twórcą i redaktorem naczelnym serii wydawniczej: „Geoplanet: Earth and Planetary Sciences”. Naukowo specjalizuje się w hydrodynamice środowiskowej i hydrologii, zajmuje się m.in. modelowaniem matematycznym procesów zachodzących w środowisku wodnym. Pasjonuje się również zagadnieniami edukacji i popularyzacji nauki, jest m.in. członkiem Rady Upowszechniania Nauki PAN.

pawel.rowinski@pan.pl

Kongres jest spotkaniem naukowym, więc ma za zadanie przedstawić współczesne trendy w badaniach hydrośrodowiskowych. Udało się nam zaprosić świetnych mówców reprezentujących najznakomitsze ośrodki naukowe w Europie. Profesorowie Jochen Aberle, Ian Guymmer, Thomas Hein, Patrick Meire czy Silke Wieprecht to ekstraklasa nauki europejskiej. Wykłady, które zaprezentują, będą dotyczyły zagadnień będących na styku wielu dyscyplin naukowych, bo tematy, którymi się zajmujemy, mają wybitnie interdyscyplinarny charakter. Trudno byłoby dziś dyskutować na temat rozwiązań technicznych w oderwaniu od uwarunkowań środowiskowych.

Tytuł szóstej edycji kongresu to *Badania i inżynieria hydrośrodowiskowa. Bez ram, bez granic* (Hydro-environment research and engineering. No frames, no borders). Zwracam uwagę na jego główny cel, którym jest nie tylko poznanie, lecz także ochrona zasobów wodnych bez wyznaczania granic dyscyplinarnych. Zagadnienia hydrologii i hydrauliki leżą na pograniczu geofizyki, fizyki, badań środowiskowych, inżynierii lądowej i środowiskowej, a także matematyki, chemii, biologii i informatyki. Innymi granicami, o których mowa w tytule, to te administracyjne, również państw. Przyroda ich przecież nie stosuje.

Niestety, czas organizacji kongresu przypadł na niespodziewany kryzys związany z zagrożeniem epidemiologicznym na skutek niekontrolowanego rozprzestrzeniania się wirusa SARS-CoV-2. Sprawia to, że organizacja tego wydarzenia stała się wyjątkowo trudna.

Co będzie wyróżniać tę edycję kongresu IAHR?

Kongres daje szansę na zaistnienie polskim ośrodkom badawczym i polskim uczonym na arenie międzynarodowej. Choć jego gospodarzami są PAN, Instytut Geofizyki PAN i Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, przyjęliśmy formułę pozwalającą na prezentację dokonań badaczy także z innych instytucji. Polskie uczelnie i instytuty, będąc gospodarzami wycieczek studyjnych, mają szansę przyciągnąć do swoich ośrodków najwybitniejszych europejskich uczonych. Z takiego rozwiązania skorzystały Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Politechnika Białostocka, Politechnika Krakowska, Instytut Ochrony Środowiska PAN oraz Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii PAN. Wszystkie te jednostki zaproponowały atrakcyjne programy dla zagranicznych gości, co w moim przekonaniu pozwoliło na rozwój tego nowatorskiego narzędzia zacieśniania współpracy międzynarodowej.

W przeciwieństwie do innych kongresów przyjęliśmy także rozwiązanie pozwalające uczonym z całego świata na zaproponowanie i organizację sesji specjalnych. Dzięki temu będą one dotyczyć problemów postulowanych oddolnie, bezpośrednio przez środowisko naukowe. Możliwość proponowania tematów i tym samym współorganizowania konferencji zwięk-

sza zainteresowanie. Dlatego przyszłoroczna edycja ma szansę być największym wydarzeniem w historii europejskich kongresów IAHR.

Zajmuje się pan na co dzień hydrodynamiką środowiskową. Jakie są najważniejsze wyzwania badawcze w tym obszarze?

Hydrodynamika środowiskowa to relatywnie nowa dziedzina wiedzy, często nazywana też hydrauliką środowiskową czy środowiskową mechaniką płynów. Niezależnie od nazwy jest to dyscyplina czerpiąca z klasycznej mechaniki płynów, fizyki ośrodków ciągłych i teorii równań różniczkowych w celu opisywania zjawisk zachodzących w wodach, z którymi mamy do czynienia w naturze, tj. rzekach, jeziorach, wodach przybrzeżnych. Ziemia, woda, powietrze wraz z towarzyszącym im życiem biologicznym stanowią kontinuum środowiskowe. Te trzy elementy dynamicznie oddziałują na siebie. To znaczy, że na środowisko należy patrzeć jak na zintegrowany system i tak traktuje się go w hydrodynamice środowiskowej. Często ogranicza się tę dyscyplinę do badania procesów przenoszenia masy i ciepła w środowisku wodnym z uwzględnieniem złożoności geometrycznej badanych obiektów (np. roślinności). Musimy tu korzystać zarówno z wiedzy dotyczącej fizyki zjawisk, jak i natury przekształceń chemicznych i biologicznych. Narzędzi do tego dostarcza klasyczna hydrodynamika, stosowana zazwyczaj do opisu obiektów technicznych. Jednak kwintesencją badań z dziedziny hydrodynamiki środowiskowej są olbrzymie różnice między przepływami środowiskowymi a ich odpowiednikami inżynierskimi. W zastosowaniach technicznych trudno np. wyobrazić sobie obiekt o tak złożonej strukturze jak dzika rzeka płynąca wieloma korytami, której brzegi są porośnięte zróżnicowaną roślinnością i której geometria zmienia się w czasie. Staramy się właśnie analizować i opisywać takie rozbieżności.

Próby zrozumienia i opisu językiem matematyki procesów zachodzących np. w rzekach (bo tym głównie się zajmuję) mają kilkusetletnią tradycję. Nigdy jednak nie musieliśmy tak dogłębnie poznawać złożoności zachodzących tam procesów. Dziś wiemy już, że rzeki stanowią bardzo istotne korytarze ekologiczne, w których toczy się bujne życie. Zdajemy sobie też sprawę ze wzrostu zagrożeń wynikających z przekształceń, których my, ludzie, dokonaliśmy w korytach rzecznych. Mamy do czynienia z nowymi uwarunkowaniami, wynikającymi ze wzrostu liczby ludności i zmian klimatu, a także z koniecznością gospodarowania wodą zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Niedawno mój dobry znajomy, prof. Robert Ettema z Uniwersytetu Wyoming, razem z Cornelią Mutel wydali znakomitą biografię Hansa Alberta Einsteina, syna Alberta. Nie każdy wie, że był wybitnym inżynierem, który skonstruował wiele klasycznych mo-

deli ruchu wody i rumowiska w rzekach. W książce opisano fascynującą korespondencję między ojcem a synem na temat procesów zachodzących w rzekach. Wynika z niej, że sam Albert Einstein miał olbrzymie problemy z ich zrozumieniem. Hans Albert wyznał również, dlaczego nie poszedł w ślady ojca – bo w teorii względności prawie wszystko zostało już wyjaśnione: *When someone else has picked up all the good shells from a beach, you go to another beach* (Jeśli ktoś zebrał wszystkie piękne muszle z plaży, idziesz na inną).

Co jest tymi najpiękniejszymi muszlami dla hydrodynamiki środowiskowej?

Głównym wyzwaniem i trudnością dla badaczy jest fakt, że woda w rzekach zawsze porusza się ruchem turbulentnym, a turbulencja to wciąż jedno z najmniej rozpoznanych pojęć w ogóle. Woda w rzece podlega intensywnym zawirowaniom, a turbulencja to kompozycja tych zawirowań – chaotycznych ruchów nałożonych na główny kierunek przepływu. Zjawisko to pojawia się, gdy prędkość przepływu przekracza graniczną wartość, powyżej której siły lepkości wody nie mogą wyłumić chaotycznych ruchów cząstek wo-

Woda w rzekach zawsze porusza się ruchem turbulentnym, a turbulencja to wciąż jedno z najmniej rozpoznanych pojęć w ogóle.

dy. Ta wartość jest przekroczona właściwie we wszystkich rzekach. To zjawisko charakteryzujące się niezwykłą złożonością, podobnie zresztą jak geometria każdej rzeki, co dodatkowo bardzo komplikuje opisywane procesy, np. przenoszenia zanieczyszczeń. Turbulencje losowo zmieniają się w przestrzeni i czasie, dlatego bardzo trudno je opisać i prowadzić na nich obliczenia.

Ponadto musimy pamiętać o niepowtarzalności procesów fizycznych w rzekach. Nie ma przecież dwóch takich samych rzek. Każda różni się kształtem, wielkością, budową dna i stopniem pokrycia danego terenu przez szatę roślinną. Te odmienne uwarunkowania utrudniają dokonywanie jednolitych pomiarów. Mierzone w punkcie wahań prędkości wody decydują o stopniu turbulencji, a w dalszej kolejności o przebiegu np. procesów mieszania, czyli o tym, jak rzeka przenosi zanieczyszczenia, rumowisko czy ciepło. Opis wspomnianych zjawisk jest niebywale skomplikowany nawet dla ekspertów w tej dziedzinie. Szczególnie jeśli chcemy to zrobić w języku zrozumiałym dla komputerów.

Jak w praktyce bada się procesy zachodzące w rzekach?

Razem z moimi współpracownikami wykonujemy różnego rodzaju eksperymenty w rzekach o bardzo odmiennych cechach. Wymagają one zaawansowanej aparatury i logistyki, pozwalając na poznanie wielu, zachodzących w rzekach procesów fizycznych. Nie jest to, jak w przypadku badania własności chemicznych i biologicznych wody, pobieranie jedynie próbek. Tam próbki przenosi się do laboratoriów, a my z wieloma problemami musimy się mierzyć w trudnym terenie. Na podstawie zebranych danych budujemy modele matematyczne opisujące omawiane wyżej procesy. Dziś w centrum uwagi hydrodynamiki środowiskowej są interakcje zachodzące między roślinnością w korycie rzeczonym, przepływem wody i deformacjami dna. Rozumienie i rzetelny opis tych zjawisk pozwoli w przyszłości rozwiązywać problemy techniczne, lepiej opisywać przejścia fali powodziowej czy zanieczyszczenia rzek.

Na czym dokładnie polega badanie zanieczyszczenia rzek?

Zanieczyszczenia można badać pod różnym kątem. W Instytucie Geofizyki PAN skupiamy się na tzw. badaniach znacznikowych. Polegają one na symulacji

Obecnie stosowane techniki oczyszczania ścieków nie są wystarczające i farmaceutyki dostają się do wody wraz ze ściekami odprowadzanymi z oczyszczalni.

awarii przez umieszczenie w rzece bezpiecznego barwnika i obserwowanie, co się z nim stanie, gdzie osiądzie czy jak długo pozostanie w rzece. Ich wyniki uczą nas, jak reagować w przypadku prawdziwych awarii, katastrof ekologicznych, a także ataków terrorystycznych, kiedy do wody mogą trafić toksyczne substancje. Takie badania są przeprowadzane w różnych rzekach w wielu krajach, dzięki czemu poznajemy proces przemieszczania się zanieczyszczeń w różnych warunkach. Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów można zbudować wiarygodny model matematyczny. Na świecie są miejsca (np. na Renie), gdzie takie modele są wykorzystywane do przewidywania skutków różnego rodzaju awarii. Gdybyśmy mieli taki operacyjny model pracujący dla Wisły, potrafilibyśmy dokładnie określić skutki awarii układu przesyłowego do warszawskiej oczyszczalni ścieków Czajka, do której doszło pod koniec sierpnia 2019 roku. Mimo wy-

starczającej wiedzy brakuje środków na zbudowanie takiego modelu dla Wisły.

Abstrahując od tego incydentu, czy stan polskich rzek jest dobry?

Warto zacząć od tego, że Polska to kraj bardzo ubogi w zasoby wodne. Roczne zasoby wód na mieszkańca to około 1600 m³, czyli prawie trzykrotnie mniej niż średnio w innych krajach Unii Europejskiej. Liczba osób objęta zbiorowym systemem zaopatrzenia w bezpieczną wodę i odprowadzania ścieków systematycznie wzrasta. Powoduje to pewną poprawę sytuacji, ale jeśli mamy sprawę podsumować w kilku słowach, to stan wód powierzchniowych w Polsce nie jest dobry. Stan 90 proc. spośród 2500 jednolitych części wód powierzchniowych (podstawowa jednostka w gospodarce wodnej) nie osiąga stanu dobrego, czyli co najmniej jeden z ocenianych wskaźników, takich jak przejrzystość wody, zawartość tlenu rozpuszczonego czy zawartość chlorków azotu, fosforu itd., przekracza dopuszczalne normy.

Warto powiedzieć też o zupełnie nowym zagrożeniu, jakie stanowią np. środki farmaceutyczne. Są produkowane w taki sposób, żeby działały w niskich stężeniach, dlatego by uniknąć wprowadzania do naszych organizmów obcych substancji w wysokich dawkach. Stąd ich szczególnie groźne działanie na ludzi, a także na faunę i florę. W Polsce obecność farmaceutyków w wodzie jest badana sporadycznie, ale te przeprowadzone niedawno wskazały, że wszystkie analizowane hormony, antybiotyki odnotowano w stężeniach powyżej granicy wykrywalności, co jest bardzo niepokojące. Pozostaje pytanie o to, w jaki sposób te substancje przedostają się do rzek. Warto wspomnieć, że obecnie stosowane techniki oczyszczania ścieków nie są wystarczające i farmaceutyki dostają się do wody wraz ze ściekami odprowadzanymi z oczyszczalni. Dlatego tak ważne jest odpowiednie utylizowanie przeterminowanych leków. Farmaceutyki dostają się do wód również z obornikiem zwierzęcym, ponieważ wcześniej są dodawane do paszy.

Czy istnieje zależność między jakością wód w rzekach a zmianami klimatu?

Stan wód w polskich rzekach zależy od wielu czynników, m.in. od zmian klimatu. W opublikowanym w tym roku raporcie UNESCO *Water and Climate Change* (Woda i zmiany klimatu) degradacja ekosystemów i jakość wody są wymienione wśród najważniejszych skutków zmian klimatu. Przede wszystkim wyższe temperatury powodują zmniejszenie stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie, a w ten sposób zmniejsza się zdolność wód do samooczyszczania. Dodatkowo zwiększająca się częstotliwość powodzi i susz wpływa na jakość wód. Skutkiem powodzi jest wzrost ryzyka szybkiego przenoszenia się zanieczyszczeń, a suszy – ich wyższa koncentracja. Ocieplanie klimatu



Przygotowanie do badań
znacznikowych w Cheongmi
Creek, Korea Południowa,
wrzesień 2014 rok

potęguje też pojawianie się w zbiornikach wodnych bioelementów, zwiększając ich żyzność, a to wywołuje niezmiernie kosztowne skutki. Możemy to czasem obserwować, gdy dochodzi do zakwitów wód np. na kąpieliskach, zmniejszenia przezroczystości wody i zwiększenia ilości sinic. Raport UNESCO pokazuje, że straty spowodowane przez ten proces w samych Stanach Zjednoczonych wynoszą ponad dwa miliardy dolarów rocznie. Chciałbym też zwrócić uwagę na zależność odwrotną. Urządzenia i procesy uzdatniania ścieków są odpowiedzialne za 3–7 proc. emisji gazów cieplarnianych, więc istotnie przyczyniają się do procesów globalnego ocieplenia. Widać więc, że zastosowanie odpowiednich technologii mogłoby wspomagać proces redukcji tych emisji.

Jakie podstawowe funkcje spełniają rzeki w ekosystemach i gospodarce w Polsce?

To temat na długą akademicką dysputę i przyznam, że krótka odpowiedź na to pytanie jest zadaniem szczególnie trudnym. Dlatego posłużę się przykładem. Okresowe występowanie rzeki z koryta ma niebagatelny wpływ na funkcjonowanie równiny zalewowej. Duży zastrzyk wody silnie wpływa na procesy biotyczne, rozwój organizmów wodnych, transfer materii między ekosystemami. Powstała w ekologii taka teoria, zwana kontinuum rzeczny, opisująca wyidealizowane rzeki, niezakłócone przez działalność człowieka od źródła aż do ujścia, pokazująca ciągłość czynników abiotycznych (prędkości wody, temperatury, struktury dna) wpływających na strukturę rzeczno-bentosu, czyli organizmów zwierzęcych i roślinnych żyjących na dnie rzeki. Skoro możemy mówić o stanie wyidealizowanym (niezakłóconym przez człowieka),

warto porównać je z rolą rzek zmodyfikowanych, np. w wyniku regulacji koryta. W rzece, której koryto zostało zmienione, dochodzi do utraty łączności między głównym korytem a terasą zalewową. Ma to ogromny wpływ na siedliska, procesy geomorfologiczne, rozmieszczenie roślin w strefie brzegowej i w korycie. Na tym przykładzie wyraźnie widać, jak ingerencja w funkcjonowanie rzeki może zachwiać całym delikatnym ekosystemem. Mimo znacznego przekształcenia polskich rzek przez człowieka, dzieje się to w stopniu dużo niższym niż w Europie Zachodniej.

Jeśli chodzi o gospodarkę wodną, rozwój infrastruktury wodnej służy żegludze śródlądowej, energetyce wodnej i cieplnej, zaopatrzeniu w wodę, retencji wody i ochronie przeciwpowodziowej. Nie możemy zapomnieć o turystyce i rekreacji. Sztuką jest mądre połączenie tych dwóch ról rzek w ekosystemach i gospodarce. Jest to główne wyzwanie dla nauki i ludzi zarządzających zasobami wodnymi. Mówimy o roli rzek na przykładzie Polski, ale to, co powiedziałem, ma charakter uniwersalny i dotyczy wszystkich miejsc na Ziemi. Szczególne wyzwania dla naszego kraju wynikają z zaniedbanej i słabej infrastruktury, wciąż nierozwiązanych problemów jakości wody na skutek niewystarczającego oczyszczania ścieków, niepełnego monitoringu, niskiej świadomości społecznej i wreszcie faktu, że geograficznie nie dysponujemy dużymi zasobami wodnymi. Do tego dochodzą straty wynikające z pojawiających się okresowo powodzi na dużą skalę. I nie zapominajmy o zmianach klimatu, które mogą spowodować jeszcze większe deficyty wody w wielu rejonach Polski.

ROZMAWIAŁA DR JUSTYNA ORŁOWSKA