

Celem projektu jest sformułowanie udoskonalonego opisu transportu pionowego ciepła, pędu i wilgotności w stabilnej atmosferycznej warstwie granicznej (AWG).

AWG to cienka warstwa atmosfery, o wysokości rzędu jednego kilometra nad powierzchnią Ziemi. Jej prawidłowa parametryzacja jest kluczowa z punktu widzenia dokładności numerycznych prognoz pogody, jak i prognoz klimatycznych. Przepływy w tej warstwie przybierają dwie charakterystyczne formy: typowy „konwekcyjny” stan dzienny wywołany pochłanianiem promieniowania słonecznego oraz typowy stan nocny, który jest „stabilny”. Ten ostatni dominuje szczególnie nad pokrytymi lodem regionami Oceanu Arktycznego, zwłaszcza podczas długiej nocy polarnej. Budżet cieplny arktycznej AWG jest kluczowym elementem prognoz klimatycznych. Jednocześnie warstwa graniczna jest tak cienka, że typowe modele atmosferyczne nie rozwiązują szczegółów jej struktury. Dlatego też opis fizyczny AWG musi opierać się na podejściach statystycznych, takich jak teoria podobieństwa.

Istotny wkład w badania nad przepływami w atmosferycznych warstwach granicznych wnieśli ponad pół wieku temu rosyjscy badacze Aleksander Obukhov i Andriej Monin. Sformułowali oni wnioski, które do dzisiaj pozostają zasadami przewodnimi w badaniach atmosferycznych warstw granicznych. Teoria Monina-Obukhova opiera się na głównym twierdzeniu, że złożona struktura pionowa AWG może zostać scharakteryzowana za pomocą jednej skali długości, nazywanej skalą Monina-Obukhova. Jak się okazuje, założenia stojące za teorią Monina-Obukhova sprawdzają się bardzo dobrze w przypadku słabej stratyfikacji. Wraz ze wzrostem stopnia stratyfikacji obserwuje się jednak rosnącą niezgodność przewidywań teoretycznych z danymi pomiarowymi. Dlatego, pomimo wielu późniejszych badań poprawiających opis stabilnej AWG, jej parametryzacja pozostaje otwartym zagadnieniem badawczym.

W ramach niniejszego projektu badane będą szczególnie te sytuacje i te procesy, które powodują, że przewidywania teorii Monina-Obukhova nie sprawdzają się. W szczególności naszym celem jest udzielenie odpowiedzi na następujące pytania

- Jakie są charakterystyczne skale związane ze stabilną AWG i jak zmieniają się one wraz ze zmianą warunków atmosferycznych (zwłaszcza stopnia stratyfikacji)?
- Jak anizotropia przepływu wpływa na prawa skalowania w warstwie granicznej?
- W jaki sposób uwzględnić można niestacjonarność i zależność od warunków początkowych?
- W jakich sytuacjach istotną rolę odgrywać zaczyna poziomy transport pędu, ciepła i wilgotności?
- Czy uniwersalne profile pionowe dla wielkości średnich w AWG mogą zostać wyprowadzone formalnie jako rozwiązania systemu równań?
- W jaki sposób, przy wyprowadzaniu praw skalowania, uwzględnić można zjawisko intermitencji?

Aby odpowiedzieć na te pytania, opieramy nasze badania na założeniu, że kluczem do zrozumienia każdego zjawiska fizycznego jest analiza struktury równań je opisujących, nawet jeśli nie rozwiązujemy tych równań wprost. W projekcie wykorzystane zostaną metody analizy równań za pomocą ubezwymiarowania (ang. non-dimensionalisation) i analiza symetrii. Obie te metody matematyczne znalazły już wiele zastosowań, również w mechanice płynów. Są one jednak nowe w kontekście badań nad przepływami w stabilnej atmosferycznej warstwie granicznej.

W ten sposób projekt dostarczyć może nowego, ogólniejszego opisu przepływów w AWG, z solidną podstawą teoretyczną i potwierdzonego eksperymentalnie. Wykorzystane zostaną przy tym metodologie dotychczas nie stosowane w tej dziedzinie.

Ocena stopnia stosowalności ww. metod w badaniach nad AWG byłaby najbardziej oczywistym, ale istotnym wynikiem projektu. Jeśli projekt zakończy się sukcesem, oczekujemy, że zastosowane metodologie zostaną szeroko przyjęte w badaniach nad AWG w przyszłości. Byłoby to najważniejszym znaczeniem projektu dla rozwoju badań atmosferycznych.

Ostatecznym długoterminowym efektem planowanych badań, przy późniejszej ich kontynuacji, byłaby możliwość zastosowania wyprowadzonego, ulepszego opisu warstwy granicznej w prognozach pogody, jak również w globalnych modelach klimatycznych.