

УДК 551.5

КОРОТКИЙ ОГЛЯД МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В КІНЦІ ХХ – ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТТЯ В УКРАЇНІ

Г. П. Івус¹, канд. геогр. наук, проф., зав. каф.
В. Ф. Мартазінова², проф., д-р фіз.-мат. наук, зав. відділом

¹ Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, meteo@odeku.edu.ua

² Український гідрометеорологічний інститут, пр. Науки, 37, 03028, Київ, Україна, uhmi@uhmi.org.ua

В статті зроблено огляд метеорологічних досліджень в Україні наприкінці ХХ – на початку ХХІ століття. Науково-дослідні роботи в галузі метеорології в основному виконуються вченими УкрГМІ ДСНС та НАН України, ОДЕКУ та КНУ імені Т. Шевченка.

В УкрГМІ створені наукові школи видатними вченими в сфері метеорології, в досліджах яких були розвинуті нові теорії, методи, моделі в області прогнозу погоди й небезпечних стихійних явищ на території України, радіаційного балансу, агрометеорології, дослідження клімату України, числові моделювання фізики хмар та активних впливів, чисельні методи аналізу і прогнозу природних та техногенних процесів в атмосфері.

В ОДЕКУ роботи стосуються дослідження умов утворення та прогнозування небезпечних явищ, діагнозу та прогнозу мезомасштабної атмосферної циркуляції, виявлення нелінійної взаємодії між головними глобальними структурами, встановлення особливостей циркуляційних процесів у високих широтах південної півкулі, системні дослідження в області чисельного моделювання фізики та динаміки атмосферних процесів за програмами Enviro-HIRLAM і HARMONIE.

Науковці КНУ імені Т. Шевченка вивчають зміни загального вмісту озону в атмосфері антарктичного регіону та середніх широт північної півкулі. В КНУ виконуються роботи по аналізу стану кліматичних параметрів та зміни сучасного клімату України.

Ключові слова: метеорологічні дослідження, огляд, прогнозування, небезпечні явища, атмосферна циркуляція, моделювання, плаваючий аналог.

В останні 25 років оперативна, науково-дослідницька та освітня діяльність в галузі метеорології усіма службами в Україні, що проводили цю роботу, здійснювалася одночасно з процесами реформування науки, докорінної переробки форм і методів роботи. Почався відтік висококваліфікованих кадрів (як за кордон, так і природний), виникли проблеми з оплатою комунальних та інших послуг, практично припинився випуск молодих фахівців, знизилась зацікавленість в підвищенні кваліфікації, в отриманні вченого ступеню і звання. Для того, щоб система не обвалилася остаточно, необхідно підсумувати наявний потенціал і на цій основі створити спробу прориву в майбутнє. Природно, для реалізації майбутніх планів потребуються надзвичайні зусилля з розвитку ініціативи, підприємливості, інтенсифікації праці та підвищення її продуктивності.

В якості найбільш значних результатів, отриманих за останні 25 років, відзначаємо:

в рамках розвитку гідрометеорологічного прогнозування:

- впровадження в оперативну практику технологій мезомасштабного прогнозу погоди по обмеженим територіям;

- розвиток вітчизняних методів прогнозування на середні та довгі строки;

в рамках розвитку гідрометеорологічного і кліматичного обслуговування:

- послідовне впровадження міжнародних стандартів ВМО/КАО в практику авіаметеорологічного обслуговування;

- застосування інтернет-технології для забезпечення доступу споживачів до фактичного та прогнозованого стану погоди, забруднення атмосфери, включаючи радіоактивне;

- в рамках розвитку системи спостережень за навколишнім середовищем:

- впровадження на метеорологічній мережі міжнародного коду WAREP, який призначений для оперативної передачі штормових попереджень про небезпечні і стихійні гідрометеорологічні явища.

- впровадження на метеорологічній мережі міжнародного коду WAREP, який призначений для оперативної передачі штормових попереджень про небезпечні і стихійні гідрометеорологічні явища.

Науково-дослідні роботи в Україні у галузі метеорології в основному виконуються в УкрГМІ ДСНС України та НАН України, ОДЕКУ МОН України та Київським національним університетом імені Т. Шевченка (КНУ) за наступними напрямками:

- теоретичні дослідження, моделювання і моніторинг глобальної циркуляції атмосфери;

- дослідження погодоутворюючих процесів синоптичного масштабу;

- дослідження регіональних і мезометеорологічних гідродинамічних процесів.

Розроблені й впроваджені у практику гідрометеослужби України та інших організацій нові фізико-математичні моделі: довгострокового прогнозу погоди (ДПП), рівня озону в атмосфері, процесів перенесення і розсіювання забруднень в нижньому шарі атмосфери, розвитку конвекції в денний час при поглинанні аерозолями сонячної

радіації.

На кафедрі метеорології та кліматології ОДЕ-КУ, яку очолює професор, канд. геогр. наук Івус Г. П., наукові роботи стосуються:

- проблем дослідження умов утворення та прогнозування небезпечних явищ на території України в умовах змін клімату [1-12];

- розв'язання наукової проблеми, щодо визначення посухи, як комплексного явища, яке формується під дією відповідного температурно-вологісного режиму в умовах певних циркуляційних атмосферних процесів (доктор геогр. наук Семенова І. Г. [11, 13]);

- розробки науково-прикладного напрямку завдань, діагнозу і прогнозу мезомасштабної атмосферної циркуляції та розсіювання домішок над територією України у граничному шарі атмосфери (доктор фіз.-мат. наук, проф. Степаненко С. М., канд. геогр. наук, доц. Волошин В. Г. та їх учні [14-16]);

- виявлення нелінійної взаємодії між головними глобальними структурами (Арктичні, Південні та Антарктичні коливання) віддалених зв'язків, що дозволяє їх використання для моделювання клімату як системи динамічних осциляторів (доктор геогр. наук, проф. Хохлов В. М. [17-19] та його учні канд. геогр. наук Недострелова Л. В. і Єроменко Н. С.);

- дослідження особливостей циркуляційних процесів у високих широтах південної півкулі та їх зв'язку з процесами в океані та змінами за часом загальної концентрації озону, а також відгуків аномалій характеристик клімату східно-європейського регіону на процеси взаємодії в системі атмосфера-океан (доктор тех. наук, проф. Школьнік Є. П. [20-21] та його учні канд. геогр. наук Гончарова Л. Д., Серга Є. М., Галич Є. А., Прокоф'єв О. М., Сущенко А. І. та інші).

Робота членів колективу під керівництвом доктора геогр. наук Іванова С. В. у провідних світових наукових центрах і участь в міжнародних проектах по програмах Enviro-HIRLAM і HARMONIE в співпраці з провідними Європейськими оперативними центрами (ECMWF, FMI, DMI) дозволили провести комплексні та системні дослідження в області чисельного моделювання фізики і динаміки атмосферних процесів [4-6, 22], взаємодії зворотних зв'язків між хімічним складом і фізичними характеристиками атмосфери, а також особливістю формування і зростання систематичних помилок в моделях атмосфери. Проведені дослідження відкрили можливості для якісного стрибка в регіональних чисельних прогнозах погоди та дозволили перейти на новий рівень розуміння розвитку атмосферних процесів на мезомасштабах.

Коротко зупинимось на історії створення наукових шкіл в ОГМІ.

В 60-ті роки ХХ століття в Одеському гідрометеорологічному інституті багато уваги приді-

лялося вивченню локальних метеорологічних процесів, які суттєво впливають на формування погоди і клімату певних географічних районів, тобто опанувалися нові для того часу наукові напрями в метеорології – мезометеорологія та мезокліматологія. Ініціатором і організатором цих досліджень був завідувач кафедрою „Общая метеорология” Бурман Еммануїл Аронович. Ним організовані чисельні експедиції для дослідження гірсько-долинної циркуляції на Північному Кавказі, фенів в Карпатах, бризової циркуляції на узбережжі Чорного моря. Монографія Е. А. Бурмана [23], яка присвячена місцевим вітрам не тільки на території СРСР, а і на всіх континентах, крім Австралії, містить енциклопедичні відомості про умови утворення та структуру мезомасштабних циркуляцій в різних фізико-географічних районах і тому залишається актуальною і в теперішній час та цитується багатьма зарубіжними вченими. В дослідженнях за тематикою наукової школи, яку очолював Е. А. Бурман, активну участь приймали студенти, аспіранти, а також асистенти та викладачі кафедри метеорології. Багато хто з них захистили кандидатські дисертації: Зоріна Г. І., Борисова С. В. [24], Тінгаєва Г. О., Волошина С. В., Іванова С. М., Івус Г. П., Ємшанова Н. В., Ступіна Ф. Я., Катеруша Г. П. [16], Панова Н. П. та інші.

В теперішній час цю школу продовжує професор, канд. геогр. наук Івус Г. П., під керівництвом якої захищено вже 10 кандидатських дисертацій: Тимофєєв В. Є., Семергей-Чумаченко А. Б., Сельсо Пасос Альберди, Аль Далабах Фалах Нори, Хаджи-Страти О. Д., Грушевський О. М., Нажмудінова О. М., Міщенко Н. М., Пішняк Д. В., Зубкович С. О. Всі роботи виконані в рамках науково-дослідних тем, які розробляються на кафедрі в останні роки і стосуються проблем дослідження умов утворення та прогнозування небезпечних явищ погоди на території України та розробки методів прогнозу цих явищ, особливо для авіації [2, 3, 9, 12].

Одночасно з Е. А. Бурманом в ОГМІ працювали ще талановиті вчені-професора: Раєвський О. М., Шнайдман В. А., Тарнопольський А. Г., Ківганов А. Ф., Єфімов В. А., під керівництвом яких розвивались нові напрями метеорологічної науки, такі як гідродинамічне моделювання атмосферних процесів в граничному шарі атмосфери, дослідження атмосферних фронтів та процесів циклогенезу. За цими темами захищені кандидатські дисертації багатьма аспірантами, в тому числі і зарубіжними. Аспіранти А. Ф. Ківганова (Хохлов В. М.) та Кудряня О. П. (Семенова І. Г.) захистили вже і докторські дисертації, їх наукові інтереси пов'язані з сучасними актуальними проблемами щодо змін кліматичних умов на земній кулі та їх наслідків.

Засновником іншої наукової школи на кафедрі метеорології та кліматології був доктор географічних наук, професор Шнайдман В. А. В теперіш-

ній час школу очолює доктор фізико-математичних наук, професор Степаненко С. М., а його учнями є доценти кафедри канд. геогр. наук Хоменко І. А. та Агайар Е. В.

Науковцями кафедри в рамках зазначеної наукової школи виконуються дослідження в багатьох напрямках: розробка методик дослідження складних природних процесів в прикордонних шарах атмосфери і океану (моря) на основі теорії геофізичного шару, визначення ролі мезомасштабних і конвективних процесів в циркуляції атмосфери: дистанційне зондування і моделювання з високим просторовим розділенням; прогноз змін стану регіонального клімату, оцінка вразливості та адаптація галузей економіки України до змін клімату, оцінка впливу екстремальних атмосферних явищ на окремі галузі економіки України в умовах змін клімату; розробка та вдосконалення методів прогнозу метеорологічних умов забруднення атмосфери над промисловими районами міст; метеорологічні складові екологічних ризиків систематичного забруднення атмосфери; кількісні характеристики циркуляційного та турбулентного режиму граничного шару атмосфери Північного Причорномор'я для цілей вітроенергетики.

Практично у всіх промислово розвинутих країнах здійснюється контроль за станом навколишнього середовища з метою обмеження викидів шкідливих речовин, у тому числі і в атмосфері. Інформацію про стан навколишнього середовища надають системи моніторингу. Проте, навіть дуже добре організована мережа станцій моніторингу не дозволяє мати повну інформацію про якість атмосферного повітря по всьому фізичному об'єму регіону, який контролюється. Тому вагомим доповненням до прямого моніторингу, ефективним інструментом контролю та управління якістю навколишнього середовища є використання математичного моделювання при розрахунках розсіювання домішок в атмосфері. Моделі атмосферної дифузії (моделі забруднення атмосфери) дозволять описати всі деталі розподілу шкідливих речовин навіть там, де відсутні станції прямого моніторингу, а за допомогою вирішення «зворотних» задач, можуть знайти джерела, які порушують умови технологічних або граничних викидів шкідливих речовин в атмосферу.

У 2005 році в Одеському державному екологічному університеті створена науково-дослідна лабораторія «Метеорологічні аспекти забруднення атмосфери», науковим керівником якої був доктор фіз.-мат. наук, проф. Степаненко С. М., а керував лабораторією канд. геогр. наук Волошин В. Г. Головною задачею лабораторії було створення нової нормативної методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств, з метою її подальшого використання в природоохоронних службах України. Така модель могла б доповнити чи замінити існуючі гаусові моделі розсіювання домішок і повністю виключити ви-

користання моделі ОНД-86, яка не забезпечує оцінку рівня забруднення атмосфери за умов різноманіття метеорологічних процесів, що визначають накопичення, перенесення або розсіювання шкідливих домішок.

Робота над моделлю привела до доказу теореми про фундаментальність рішення напівемпіричного диференціального рівняння турбулентної дифузії у тривимірній локальній області при заданих коефіцієнтах дифузії та швидкостях переносу. В результаті отримана розрахункова формула, названа «формулою SVT», за початковими літерами прізвищ авторів Степаненко С. М., Волошина В. Г., Тіпцова С. В., які опублікували доказ теореми фундаментальності рішення диференціального рівняння турбулентної дифузії [14]. На основі формули SVT побудована локальна модель забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами від різних джерел, яка має назву «Модель локальної атмосферної дифузії, МЛАД». В якості основних дифузійних параметрів в ній використовуються коефіцієнти турбулентної в'язкості та всі складові вектора швидкості вітру, а також виконується врахування вертикальних швидкостей руху частинок дифундуєючої домішки і взаємодії домішки з підстильною поверхнею. Модель МЛАД є діагностичною, призначеною для розрахунку полів концентрацій шкідливих речовин у тривимірній розрахунковій області та може застосовуватись при будь-яких швидкостях вітру, у тому числі й при штилі, що дозволяє побудувати поле концентрацій навіть з навітряної сторони джерела.

Одночасно з моделлю МЛАД розроблялась метеорологічна модель, яка виконувала функцію метеорологічного препроцесора (SLEB), призначеного для оцінки розмірних і безрозмірних масштабів і величин граничного та приземного шарів атмосфери, необхідних для розрахунку рівнів концентрації шкідливих речовин. Результати роботи лабораторії опубліковані в ряді статей, в яких детально описуються результати застосування МЛАД у різноманітних прикладних задачах. Узагальнення застосування моделі МЛАД і метеорологічного препроцесора SLEB виконано у науковій монографії Волошина В. Г. [14].

Історія УкрГМІ в останні десятиліття пов'язана з іменами ряду відомих вчених у сфері метеорології, в дослідженнях яких були розвинені нові теорії, методи, моделі в області прогнозу погоди і небезпечних стихійних явищ на території України, радіаційного балансу, агрометеорології, досліджень клімату України, чисельного моделювання фізики хмар і активних впливів, чисельних методів аналізу та прогнозу природних та техногенних процесів в атмосфері. В результаті в УкрГМІ виникли наукові школи вчених із різних напрямків метеорології.

В області прогнозу погоди і небезпечних та стихійних явищ на території України необхідно відзначити Ромова А. І., Пономаренко І. Н., Ко-

шеленко І. В., Кошенко А. М., Волеваха В. А., Проха Л. З., Мартазінову В. Ф.

Дослідження в області теорії радіаційного балансу і агрометеорології проводили Гойса Н. І., Дмитренко В. П.

Під керівництвом Логінова К. Т., Сакалі Л. І., Бабіченко В. М. [25] кліматологами інституту було отримано порівняльний аналіз стану зміни поточного клімату України.

Експериментальні та чисельні дослідження фізики хмар і активних впливів з метою збільшення кількості опадів в інституті здійснено Буйковим М. В., Волощуком В. М., Пірнач Г. М., Бахановим В. П., Лесковим Б. Н. [26-30].

Під керівництвом доктора фіз.-мат. наук Прусова В. А. командою було розроблено чисельні методи аналізу та прогнозу природних та техногенних процесів в атмосфері [30-31].

Великий обсяг досліджень УкрНДГМІ представлений в працях УкрНДГМІ попередніх десятиліть.

На сьогодні число ведучих фахівців в УкрГМІ значно зрідлило. Однак і в даний час в наукових семінарах і при проведенні секції серед метеорологів інституту продовжують брати участь низка згаданих вище вчених: Волощук В. М., Баханов В. П., Лесков Б. Н., Мартазінова В. Ф. та Прусов В. А.

Під керівництвом професора, доктора фіз.-мат. наук Мартазінової В. Ф. в останні десятиліття були проведені дослідження щодо зміни та реконструкції великомасштабної атмосферної циркуляції Південної півкулі і зміни клімату Антарктиди. За цією тематикою захищено докторську дисертацію [32]. Професор В. Ф. Мартазінова є членом міжнародної комісії Tinker-Muse Prize Nominations 2015-2017 з присудження спеціальної премії з антарктичних досліджень.

Одночасно, В. Ф. Мартазіновою продовжуються роботи по вирішенню однієї з найважливіших проблем метеорології – розвитку методів довгострокового прогнозу погоди (ДПП). Метод ДПП з деталізацією погодних умов у середині прогнозованого місяця, який впроваджено в оперативну практику по території України, створено на основі методу плаваючого аналогу [33], який принципово відрізняється від класичного підходу до методу аналога та дозволяє одному метеорологічному полю плавати по іншому, знаходячи собі найкращу подібність. Використання цього методу дозволило визначити двомісячну квазіперіодичність [34] та створити розрахункову схему ДПП, яка дала можливість розширити межу передбачуваності ДПП до двох місяців та отримати метод ДПП.

Сучасний склад вчених інституту доповнився дослідниками в області метеорології, серед яких особливо хочеться відзначити дослідження Шпиґа В. М., який розробляє методи підвищення точності прогнозу метеорологічних величин та прогнозування конвективних явищ по території

України за допомогою моделі WRF [35-36], О. К. Іванову в розвитку методів довгострокового прогнозу погоди по Україні та Європейському сектору. [37].

Необхідно також зупинитися на роботах В. О. Балабух по створенню інформаційної системи, розробленої для її використання в представленні даних про стихійні метеорологічні явища [38], дослідженнях Кривобока О. А. по використанню супутникової інформації в метеорологічних дослідженнях [39], Тимофєєва В. Є. по дослідженнях зміни клімату і атмосферної циркуляції над Антарктичним півостровом [32], О. Я. Скриника по моделюванню аварійних викидів шкідливих домішок в атмосферу [30] та Краковської С. В. в області регіональних змін клімату [40].

Дослідження науковців КНУ імені Т. Шевченка під керівництвом зав. кафедри метеорології, професора, доктора географічних наук Сніжко С. І. стосуються аналізу стану кліматичних параметрів та змін сучасного клімату України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Івус Г. П. Умови утворення та прогноз слабкого вітру біля поверхні землі та інверсій температури в районі Одеси: навч. посібник. К.: НМК з метеорології Міносвіти України, 1998. 112 с.
2. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди: підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
3. Івус Г. П., Ефимов В. А. Фізика антициклогенеза: монографія. К.: КНТ, 2005. 208 с.
4. Іванов С. В., Івус Г. П., Паламарчук Ю. О. Численне моделювання конвективної ячейки за холодним фронтом: потоки тепла і вологи // Український гідрометеорологічний журнал. 2010. № 6. С. 120-129.
5. Іванов С. В., Івус Г. П., Пишняк Д. В. Численне моделювання мезомасштабних особливостей атмосфери в зоні холодного фронту // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2010. Вип. 51. С. 4-14.
6. Grushevsky O., Ivus G., Ivanov S. Upon the role of Kelvin waves in formation of blocking events over the Eastern Europe. *European Geosciences Union, General Assembly*. Vienna, Austria, 2007, vol. 9, p. 05902.
7. Ivus G. P., Zubkovych S. O., Khomenko G. V., Kovalkov I. A. Conditions of formation of dangerous wind zones on the territory of Ukraine. *European Applied Science, Europaische Fachhochschule*, 2014, ed. 10, pp. 59-64.
8. Ivus G. P., Zubkovych S. O., Agayar E. V., Gurskaya L. M. To the question about typification of synoptic processes over territory of Ukraine. *International Journal of Research in Earth and Environmental Sciences*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 21-27.
9. Івус Г. П., Семергей-Чумаченко А. Б., Агайар Э. В., Дмитренко А. П. Влияние адвекции тепла на образование струйных течений нижних уровней // Український гідрометеорологічний журнал. 2011. № 9. С. 66-72.
10. Івус Г. П., Ефимов В. А., Мищенко Н. М. Результаты моделирования взаимодействия тектонических процессов с атмосферными // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2008. Ч. 1. Вип. 50. С. 58-63.
11. Івус Г. П., Семенова І. Г., Ковальков І. А. Роль гідродинамічної нестійкості атмосфери в процесах відсіченого циклогенезу влітку над Україною // Вісник ОДЕКУ. 2013. Вип. 16. С. 60-66.
12. Івус Г. П., Кивганов А. Ф., Тимофєєв В. Е. Струйные течения нижних уровней атмосферы. Киев: УМК ВО, 1991. 49 с.

13. Семенова І. Г. Просторово-часовий розподіл посух в Україні в умовах майбутньої зміни клімату // Фізична географія та геоморфологія. 2015. Вип. 01 (77). С. 144-151.
14. Волошин В. Г. Динамическая модель загрязнения атмосферы с метеорологическим препроцессором: монография. Одесса: Экология, 2013. 296 с.
15. Степаненко С. М. Динаміка та моделювання клімату: підручник. Одеса, 2013. 203 с.
16. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.
17. Ківганов А. Ф., Хоменко Г. В., Хохлов В. М., Бондаренко В. М. Гідродинамічні моделі прогнозу погоди і сіткові методи їх реалізації: навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2002. 179 с.
18. Хоменко Г. В., Хохлов В. М. Гідродинамічні методи прогнозу погоди: підручник. Одеса: Екологія, 2008. 338 с.
19. Хоменко Г. В., Хохлов В. М., Бондаренко В. М. Практикум з гідродинамічних методів прогнозу погоди: навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2002. 206 с.
20. Гончарова Л. Д. Воздушные течения тропосферы и стратосферы северного полушария. Одесса: ТЕС, 2014. 297 с.
21. Школьнік С. П., Лоєва І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: навч. посібник. Одеса, 1999. 600 с.
22. Groisman P. Ya., Ivanov S. V. *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe*. Springer, 2009. 376 p.
23. Бурман Э. А. Местные ветры: монография. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 343 с.
24. Борисова С. В. Мезомасштабные циркуляции в горах: монография. Одесса: Экология, 2013. 222 с.
25. Бабіченко В. М. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / УкрНДГМІ; Державна гідрометеорологічна служба. К.: Ніка-Центр, 2006. 312 с.
26. Buikov M. V. Kinetics of distillation in a polydisperse fog. *Izv. Acad. Sci. USSR, Ser. Geophys.* 1961, vol. 7, pp. 1058-1065 (English ed. published by the American Geophysical Union and the American Meteorological Society).
27. Пірнач Г. М. Чисельне моделювання хмар та опадів у системах атмосферних фронтів / Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Київ: Ніка-Центр, 2008, 295 с.
28. Баханов В. П. Физика облаков и активные воздействия // Доклад о работах за 1987-1990 гг., представляемом в Международную ассоциацию метеорологии и физики атмосферы к 20-ой Ассамблее Международного геофизического и геодезического Союза. М.: Межведомственный геофизический комитет АН СССР, 1991. С. 5-25.
29. Лесков Б. Н. Технологические аспекты производственно-го увеличения зимних осадков // Тр. УкрНИГМИ. 1991. Вып. 242. С. 3-17.
30. Волощук В. М., Прусов В. А., Будак І. В., Шпиг В. М., Кривобок О. А., Скриник О. Я. Система оперативного реагування на аварійні викиди шкідливих домішок в атмосферу // Наукові праці УкрНДГМІ. 2015. Вип. 267. С. 3-8.
31. Prusov V. A., Doroshenko A. Y. Hydrodynamic Modeling of Industrial Pollutants Spreading in Atmosphere. *Mathematical Problems in Meteorological Modelling*, 2016, pp 87-116. (Eds: András Bártkai, Petra Csomós, István Faragó, András Horányi, Gabriella Szépszó).
32. Мартазинова В. Ф., Тимофеев В. Е. О роли атмосферной циркуляции в изменении климата в районе Антарктического полуострова. // Глобальные и региональные изменения климата. Киев, Ника-Центр, 2011, С. 267-279.
33. Martazinova V. F. The method of the floating analog, two-month quasi-periodicity of the atmospheric processes and long-range weather forecasting. *APEC Seminar Reports*, 2006. <http://www.apcc21.net/common/download.php?filename=sem/CLIMATE%20CHANGE>.
34. Мартазинова В. Ф. Метод плавающего аналога и двухмесячная квазипериодичность атмосферных процессов в долгосрочном прогнозировании. // Сб. Проблемы и достижения долгосрочного метеорологического прогнозирования. К.: Ника-Центр. 2012.
35. Shpyg V., Budak I., Pishniak D., Poperechnyi P. The Application of Regional NWP Models to Operational Weather Forecasting in Ukraine. *CAS Technical Conference (TECO) on "Responding to the Environmental Stressors of the 21st Century"* : 18-19 November 2013 : Conf. Materials. Antalya, 2013. <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/cas/documents/Ukraine-NWPMODELS.pdf>
36. Shpyg V., Budak I. WRF reflectivity simulation and verification of thunderstorm forecast by radar and surface observation. *16th International Radar Symposium : 24-26 June 2015 : Symposium Materials*. Dresden, 2015, pp. 610-615. DOI: 10.1109/IRS.2015.7226388.
37. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К. Классификация синоптических процессов по методу полей эталонов и ее применение в долгосрочном прогнозе погоды // Труды научного семинара «Проблемы и достижения долгосрочного метеорологического прогнозирования», 5-7 октября 2011. Киев, Ника-Центр, 2011. С. 40-46.
38. Балабух В. А. и др. Интегрированная информационная система о стихийных метеорологических явлениях и процессах, которые их обуславливают // Глобальные и региональные изменения климата. Киев: Ника-Центр, 2011. С. 147-154.
39. Кривобок О. А., Кривошеин А. О. Новые технические и технологические возможности мониторинга за особо опасными явлениями погоды // Перший Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд: 22-23 березня 2017 р., м. Одеса, Україна. Одеса: ТЕС, 2017. С. 258-260.
40. Хотяїнцев В. М., Бардаков Р. В., Краковська С. В., Шпиг В. М. Еволюція змішаної хмари: ріст частинок льоду // Наукові праці УкрНДГМІ. 2016. Вип. 268. С. 3-15.

REFERENCES

1. Ivus G. P. *Umovy utvorenya ta prohnozu slabkoho vitru bilya poverkhni zemli ta inverzii temperatury v rayoni Odesy* [Terms formation and forecast a weak surface wind and temperature inversions near Odessa]. Kyiv: SMC on Hydrometeorology in Ministry of Education of Ukraine, 1998. 112 p.
2. Ivus G. P. *Spetsializovani prohnozy pohody* [Specialized weather forecast]. Odessa: TES Publ., 2012. 407 p.
3. Ivus G. P., Efimov V. A. *Fizika antiitsiklogeneza* [Physics of Anticyclonogenesis]. Kyiv: KNT, 2005. 208 p.
4. Ivanov S. V., Ivus G. P., Palamarchuk Yu. O. Numerical modeling of a convective cell behind a cold front: heat and moisture flows. *Ukr. gidrometeorol. ž. – Ukr. hydrometeor. j.*, 2010, no. 6, pp. 120-129. (In Russian)
5. Ivanov S. V., Ivus G. P., Pyshnyak D. V. Numerical modeling mesoscale features atmosphere in a cold front area. *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya – Meteorology, Climatology and Hydrology*, 2010, issue 51, pp. 4-14. (In Russian)
6. Grushevsky O., Ivus G., Ivanov S. Upon the role of Kelvin waves in formation of blocking events over the Eastern Europe. *European Geosciences Union, General Assembly*. Vienna, Austria, 2007, vol. 9, p. 05902.
7. Ivus G. P., Zubkovych S. O., Khomenko G. V., Kovalkov I. A. Conditions of formation of dangerous wind zones on the territory of Ukraine. *European Applied Science, Europäische Fachhochschule*, 2014, ed. 10, pp. 59-64.
8. Ivus G. P., Zubkovych S. O., Agayar E. V., Gurskaya L. M. To the question about typification of synoptic processes over territory of Ukraine. *International Journal of Research in Earth and Environmental Sciences*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 21-27.
9. Ivus G. P., Semerger-Chumachenko A. B., Agayar E. V., Dmitrenko A. P. The influence of heat advection on the formation of low level jets. *Ukr. gidrometeorol. ž. – Ukr. hydrometeor. j.*, 2011, no. 9, pp. 66-72. (In Russian)
10. Ivus G. P., Efimov V. A., Mishchenko N. M. The results of modeling the interaction of tectonic processes with atmospheric. *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya – Meteorology, Climatology and Hydrology*, 2008, issue 50, pp. 58-63. (In Russian)
11. Ivus G. P., Semenova I. G., Kovalkov I. A. The role of hydrodynamic instability of the atmosphere in the processes of cut off cyclogenesis in summer over Ukraine. *Visn. Odes. derž.*

- ekol. Univ. – Bull. of OSENU, 2013, vol. 16, pp. 60-66. (In Ukrainian)
12. Ivus G. P., Kivganov A. F., Timofeev V. E. *Struynye techeniya nizhnikh urovney atmosfery* [Jet streams of the boundary layer of the atmosphere]. Kyiv: EMC HE, 1991. 49 p.
13. Semenova I. G. Spatial-temporal distribution of droughts in Ukraine in the context of future climate change. *Fizychna heohrafiya ta heomorfologiya – Fysical Geografy and Geomorfologv*, 2015, issue 01 (77), pp. 144-151. (In Ukrainian)
14. Voloshin V. G. *Dinamicheskaya model zagrvazneniya atmosfery s meteorologicheskim preprotessorom* [Dynamic model of atmospheric pollution with meteorological preprocessor]. Odessa: Ekologiya, 2013. 296 p.
15. Stepanenko S. M. *Dynamika ta modelyuvannya klimatu* [Dynamics and climate modelling]. Odessa, 2013. 203 p.
16. *Klimatichni zminy ta yikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy* [Climate change and their impact on the spheres of economy of Ukraine]. Odessa: TES, 2015. 520 p. (Eds: S. M. Stepanenko, A. M. Polevoy).
17. Kivhanov A. F., Khomenko G. V., Khokhlov V. M., Bondarenko V. M. *Hidrodinamichni modeli prohnozu pohody i sitkovi metody yikh realizatsiyi* [Hydrodynamic models of weather forecasting and network methods of their realization]. Odessa: TES, 2002. 179 p.
18. Khomenko G. V., Khokhlov V. M. *Hidrodinamichni metody prohnozu pohody* [Hydrodynamic weather forecasting methods]. Odessa: Ekologiya, 2008. 338 p.
19. Khomenko G. V., Khokhlov V. M., Bondarenko V. M. *Praktykum z hidrodinamichnykh metodiv prohnozu pohody* [Workshop on hydrodynamic methods of weather forecast]. Odessa: TES, 2002. 206 p.
20. Goncharova L. D. *Vozdushnyye techeniya troposfery i stratosfery severnogo polushariya* [Air currents of the troposphere and stratosphere of the northern hemisphere]. Odessa: TES, 2014. 297 p.
21. Shkol'nyy Ye. P., Loyeva I. D., Honcharova L. D. *Obrobka ta analiz hidrometeorologichnoyi informatsiyi* [Processing and analysis of hydrometeorological information]. Odessa, 1999. 600 p.
22. Groisman P. Ya., Ivanov S. V. *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe*. Springer, 2009. 376 p.
23. Burman E. A. *Mestnyye vetry* [Local winds]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. 343 p.
24. Borisova S. V. *Mezomasshtabnyye tsirkulyatsii v gorakh* [Mesoscale circulation in the mountains]. Odessa: Ekologiya, 2013. 222 p.
25. Babichenko V. M. *Stykhiyni meteorologichni yavlyshcha na terytoriyi Ukrainy za ostannyye dvadtsyatyrychchya (1986-2005)* [Elemental meteorological phenomena on the territory of Ukraine during the last twenty years (1986-2005)]. UkrSRHMI; State Hydrometeorological Service. Kyiv: Nika-Center, 2006. 312 p.
26. Buikov M. V. Kinetics of distillation in a polydisperse fog. *Izv Acad Sci USSR, Ser. Geophys*, 1961, vol. 7, pp. 1058-1065 (published by the American Geophysical Union and the American Meteorological Society).
27. Pirnach G. M. *Chysel'ne modelyuvannya khmar ta opadiv u systemakh atmosfernykh frontiv* [Numerical simulation of clouds and precipitation in systems of atmospheric fronts]. UkrSRHMI. Kyiv: Nika-Center, 2008, 295 p.
28. Bakhanov V. P. Physics of clouds and active impacts. *Report on the works for 1987-1990, submitted to the International Association of Meteorology and Atmospheric Physics for the 20th Assembly of the International Geophysical and Geo-Discipline Union*. Moscow: Interdepartmental Geophysical Committee of the USSR Academy of Sciences, 1991, pp. 5-25. (In Russian)
29. Leskov B. N. Technological aspects of productions increase in winter rainfall. *Tr. UkrNIGMI – Scientific works of UkrSRHMI*, 1991, issue 242, pp. 3-17. (In Russian)
30. Voloschuk V. M., Prusov V. A., Budak I. V., Shpig V. M., Krivobok O. A., Skrynyk O. Ya. The system of operative response to accidental emissions of harmful impurities into the atmosphere. *Tr. UkrNIGMI – Scientific works of UkrSRHMI*, 2015, issue 267, pp. 3-8. (In Ukrainian)
31. Prusov V. A., Doroshenko A. Y. Hydrodynamic Modeling of Industrial Pollutants Spreading in Atmosphere. *Mathematical Problems in Meteorological Modelling*, 2016, pp 87-116. (Eds: András Bátkai, Petra Csomós, István Faragó, András Horányi, Gabriella Szépszó).
32. Martasinova V. F., Timofeev V. E. The role of atmospheric circulation in climate change in the Antarctic Peninsula. *Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata* [Global and regional climate change]. Kiev, Nika-Center, 2011, pp. 267-279. (In Russian)
33. Martazinova V. F. The metod of the floating analog, two-month quasi-periodicity of the atmospheric processes and long-range weather forecasting. *APEC Seminar Reports*, 2006. <http://www.apcc21.net/common/download.php?filename=sem/CLIMATE%20CHANGE>.
34. Martasinova V. F. The method of a floating analog and a two-stage quasiperiodicity of atmospheric processes in long-term forecasting. *Sb. Problemy i dostizheniya dolgosrochnogo meteorologicheskogo prognozirovaniya* [Coll. works Problems and achievement of long-term meteorological forecasting]. Kiev: Nika-Center. 2012. (In Russian)
35. Shpyg V., Budak I., Pishniak D., Poperechnyi P. The Application of Regional NWP Models to Operational Weather Forecasting in Ukraine. *CAS Technical Conference (TECO) on "Responding to the Environmental Stressors of the 21st Century" : 18-19 November 2013 : Conf. Materials*. Antalya, 2013. <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/cas/documents/Ukraine-NWPMODELS.pdf>
36. Shpyg V., Budak I. WRF reflectivity simulation and verification of thunderstorm forecast by radar and surface observation. *16th International Radar Symposium : 24-26 June 2015 : Symposium Materials*. Dresden, 2015, pp. 610-615. DOI: 10.1109/IRS.2015.7226388.
37. Martazinova V. F., Ivanova E. K. Classification of synoptic processes by the method of fields of standards and its application in long-term weather forecast. *Trudy nauchnogo seminaru «Problemy i dostizheniya dolgosrochnogo meteorologicheskogo prognozirovaniya», 5-7 oktyabrya 2011* [Proc. of the scientific seminar "Problems and achievement of long-term meteorological forecasting", October 5-7, 2011]. Kiev, Nika -Centre, 2011. pp. 40-46. (In Russian)
38. Balabukh V. A., et al. An integrated information system on spontaneous meteorological phenomena and processes that determine them. *Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata* [Global and regional climate change]. Kiev: Nika-Center, 2011. p. 147-154. (In Russian)
39. Krivobok O. A., Krivoshein A. O. New technical and technological possibilities of monitoring for especially dangerous phenomena of the weather. *Pershyy Vseukrains'kyi hidrometeorologichnyy z'ezd: 22-23 bereznya 2017 r., m. Odesa, Ukraina* [First All-Ukrainian Hydrometeorological Congress: March 22-23, 2017, Odessa, Ukraine]. Odessa: TPP, 2017, pp. 258-260. (In Russian)
40. Khotyaintsev V. M., Bardakov R. V., Krakovska S. V., Spyg V. M. Evolution of a mixed cloud: growth of ice particles. *Tr. UkrNIGMI – Scientific works of UkrSRHMI*, 2016, issue 268, pp. 3-15. (In Ukrainian)

BRIEF OVERVIEW OF METEOROLOGICAL RESEARCH IN THE LATE XX - EARLY XXI CENTURY IN UKRAINE

H. P. Ivus¹, Cand. Sci. (Geogr.), Prof.,
V. F. Martazinova², Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

¹Odessa State Environmental University, 15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, meteo@odeku.edu.ua

²Ukrainian Hydrometeorological Institute, 37, Prospekt Nauky, 03028, Kyiv, Ukraine, uhmi@uhmi.org.ua

In the paper the review of the meteorological research in Ukraine at the end of the 20-th century – the beginning of the 21-th century was made. Researches in the field of meteorology are performed mainly by the Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Service of Emergencies of Ukraine and National Academy of Sciences of Ukraine, Odessa State Environmental University (OSENУ) and Taras Shevchenko National University of Kyiv (TSNUK).

The studies of UkrHMI scientific schools headed by well-known scientists in the field of meteorology were devoted to the development of new theories, methods, models in the field of the weather forecasting and dangerous situations in Ukraine, radiation balance, agrometeorology, climate researches in the Ukraine, numerical modeling of cloud physics and active effects on clouds, numerical methods in analysis and forecast of natural and technogenic processes in the atmosphere.

In OSENУ, where two scientific schools are established, the scientists study the formation of severe weather and its forecast, diagnose and forecast mesoscale atmospheric circulations, identify nonlinear interaction between the main global structures, detect the features of circulation processes in high latitudes of the southern hemisphere, conduct systematic studies in the field of numerical modelling of physics and dynamics of atmospheric processes with the Enviro-HIRLAM and HARMONIE models.

Scientists of TSNUK study changes in the total column ozone amount in the atmosphere of Antarctic Region and the mid-latitudes of Northern Hemisphere. The work on analyzing the state of climatic parameters and changing the current climate of Ukraine is being carried out at the KNU.

Keywords: meteorological researches, review, forecasting, severe weather, atmospheric circulation, modelling, floating analogue.

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА В УКРАИНЕ

Г. П. Ивус¹, проф., канд. геогр. наук., зав. каф.,
В. Ф. Мартазинова², проф., д-р физ.-мат. наук

¹Одесский государственный экологический университет, ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, meteo@odeku.edu.ua

²Украинский гидрометеорологический институт, пр. Науки, 37, 03028, Киев, Украина, uhmi@uhmi.org.ua

В статье сделан обзор метеорологических исследований в Украине в конце XX – начале XXI века. Научно-исследовательские работы в отрасли метеорологии в основном выполняются учеными УкрГМИ ГСЧС и НАН Украины, ОГЭКУ и КНУ имени Т. Шевченко.

В УкрГМИ продолжаются работы по усовершенствованию методов долгосрочных прогнозов погоды, в том числе с детализацией по погодным условиям в середине прогнозируемого месяца по методу плавающего аналога.

В ОГЭКУ, где созданы две научные школы на кафедре метеорологии и климатологии, работы касаются исследования условий образования и прогнозирования опасных явлений, диагноза и прогноза мезомасштабной атмосферной циркуляции, выявления нелинейного взаимодействия между главными глобальными структурами, установления особенностей циркуляционных процессов в высоких широтах южного полушария, системные исследования в области численного моделирования физики и динамики атмосферных процессов по программам Enviro-HIRLAM и HARMONIE.

Ученые КНУ изучают изменения общего содержания озона в атмосфере антарктического региона и средних широт северного полушария.

Ключевые слова: метеорологические исследования, обзор, прогнозирование, опасные явления, атмосферная циркуляция, моделирование, плавающий аналог.

Дата першого подання: 22. 06. 2017

Дата надходження остаточної версії: 26. 06. 2017

Дата публікації статті: 29. 06. 2017