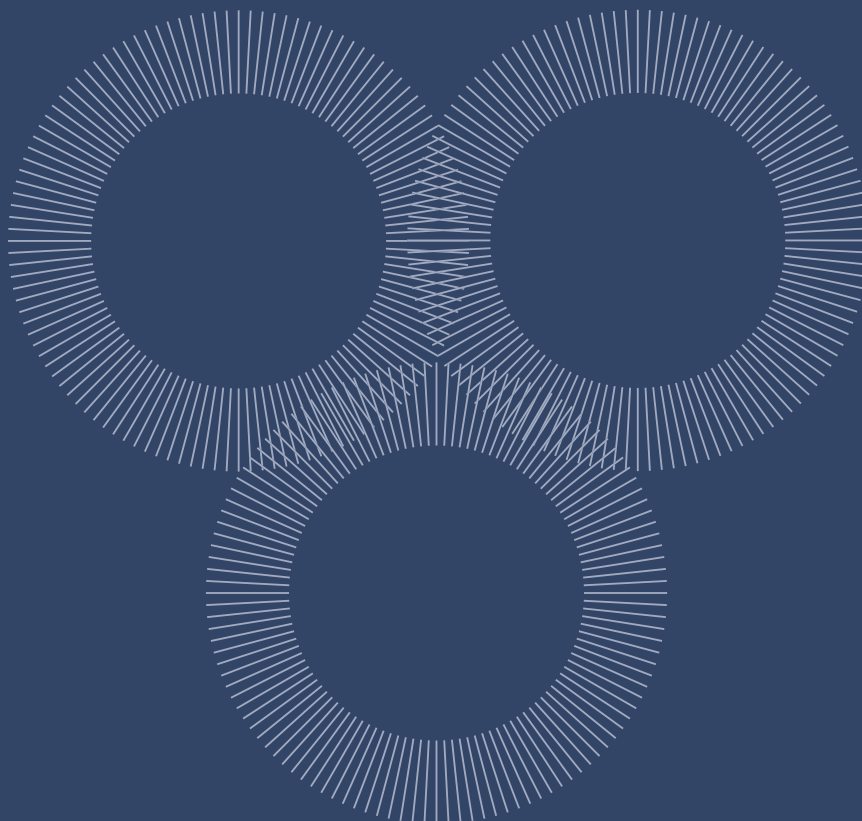




No 1 | 2022

МЕТЕОРОЛОГІЯ
ГІДРОЛОГІЯ
МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

METEOROLOGY
HYDROLOGY
ENVIRONMENTAL MONITORING



МЕТЕОРОЛОГІЯ. ГІДРОЛОГІЯ. МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

№ 1 • 2022

METEOROLOGY. HYDROLOGY. ENVIRONMENTAL MONITORING

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Volodymyr Osadchyi,
D.Sci. in Geography,
corr. member of the NAS of Ukraine

Deputy Editors-in-Chief

Yuriy Ilyin, *D.Sci. in Geography*
Yurii Nabyvanets, *Ph.D.*
Oleksii Shevchenko, *D.Sci. in Geology*

Responsible secretary

Nina Mostova, *Ph.D.*

Members of Editorial Board

Vira Balabukh, *Ph.D.*
Oleg Voitsekhovych, *Ph.D.*
Liudmyla Gorbachova, *D.Sci. in Geography*
Vasyl Grebin, *D.Sci. in Geography*
Svitlana Krakovska, *Ph.D.*
Oleksii Kryvobok, *Ph.D.*
Peter Linnik, *D.Sci. in Chemistry*
Vazira Martazinova, *D.Sci. in Phys.&Math.*
Oleksandr Obodovskyi, *D.Sci. in Geography*
Valeriya Ovcharuk, *D.Sci. in Geography*
Natalia Osadcha, *D.Sci. in Geography*
Valentyn Protsak, *Ph.D.*
Mykhailo Savenets, *Ph.D.*
Viktor Samoilenko, *D.Sci. in Geography*
Oleg Skrynyk, *Ph.D.*
Sergiy Snizhko, *D.Sci. in Geography*
Valentyn Khilchevskyi, *D.Sci. in Geography*
Valeriy Khokhlov, *D.Sci. in Geography*
Yuliia Chornomorets, *Ph.D.*
Olga Shevchenko, *D.Sci. in Geography*
Vitalii Shpyg, *Ph.D.*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

В.І. Осадчий,
д.геогр.н., професор,
член-кореспондент НАН України

Заступники головного редактора

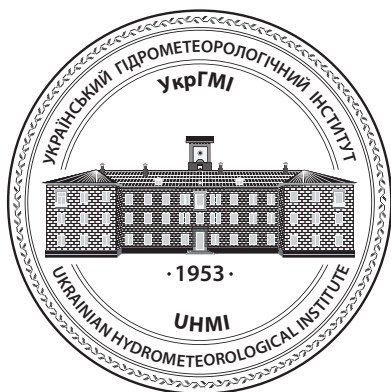
Ю.П. Ільїн, *д.геогр.н.*
Ю.Б. Набиванець, *к.геогр.н.*
О.Л. Шевченко, *д.г.н.*

Відповідальний секретар

Н.М. Мостова, *к.геогр.н.*

Члени редколегії

В.О. Балабук, *к.геогр.н.*
О.В. Войцехович, *к.геогр.н.,*
Л.О. Горбачова, *д.геогр.н., професор*
В.В. Гребінь, *д.геогр.н., професор*
С.В. Краковська, *к.ф.-м.н.*
О.А. Кривобок, *к.геогр.н.,*
П.М. Линник, *д.х.н., професор*
В.Ф. Мартазінова, *д.ф.-м.н., професор*
О.Г. Ободовський, *д.геогр.н., професор*
В.А. Овчарук, *д.геогр.н., професор*
Н.М. Осадча, *д.геогр.н., професор*
В.П. Процак, *к.т.н.,*
М.В. Савенець, *к.геогр.н.*
В.М. Самойленко, *д.геогр.н., професор*
О.Я. Скриник, *к.ф.-м.н.*
С.І. Сніжко, *д.геогр.н., професор*
В.К. Хільчевський, *д.геогр.н., професор*
В.М. Хохлов, *д.геогр.н., професор*
Ю.О. Чорноморець, *к.геогр.н.*
О.Г. Шевченко, *д.геогр.н.*
В. М. Шпиг, *к.геогр.н.*



**МЕТЕОРОЛОГІЯ. ГІДРОЛОГІЯ.
МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ.**
Київ, 2022. 1. 120 с.

Засновник та видавець

Український гідрометеорологічний інститут
ДСНС України та НАН України

Журнал засновано 25 листопада 2021 року.
Виходить 2 рази на рік.

Рекомендовано до друку

Вченою Радою Українського
гідрометеорологічного інституту
ДСНС України та НАН України
(протокол № 3 від 07.07.2022 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 25082-15022Р

Видання представлено у розділі наукової
періодики на сайті Національної бібліотеки
ім. В.І. Вернадського

Адреса редакції:

Україна, проспект Науки, 37, Київ, 03028
e-mail: journal@uhmi.org.ua

Відповідальний редактор:

Юрій Ільїн

Дизайн обкладинки:

Катерина Сурай

Editorial office address

37, Prospect Nauky, Kyiv, 03028, Ukraine
e-mail: journal@uhmi.org.ua

Responsible editor:

Yuriy Ilyin

Cover design:

Kateryna Surai

У тематичному випуску
**“УКРАЇНСЬКИЙ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ
ІНСТИТУТ У ХХІ СТОРІЧЧІ”**

представлені матеріали про діяльність
УкрГМІ за усіма основними
напрямами досліджень: метеорологія,
гідрологія, гідрохімія, хімічний т
а радіаційний моніторинг довкілля,
морська гідрометеорологія.
Разом з інформацією про наукові
доробки останніх десятирічь подані
короткі дописи про засоби
і методи досліджень, а також
про фахівців інституту, завдяки яким
отримано вагомні здобутки.

The thematic issue

**“UKRAINIAN HYDROMETEOROLOGICAL
INSTITUTE IN THE XXI CENTURY”**

presents materials on the activities
of UHMI in all principal areas of research:
meteorology, hydrology, hydrochemistry,
chemical and radiation monitoring of
environment, marine hydrometeorology.
Along with information about scientific
achievements of recent decades,
short posts are submitted about the means
and methods of research, as well as
about the specialists of the institute,
thanks to which significant achievements
have been obtained.

Підписано до друку 26.08.2022 р. Формат 60×84/8. Друк офсетний. Папір крейдований.
Ум. друк. арк. 13,95. Наклад 100 прим. Зам. № УГІ-01-23.

Оригінал-макет та друк ТОВ “ДІА”: 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

Цілковите або часткове розмноження в будь-який спосіб матеріалів,
опублікованих у цьому виданні, допускається лише з письмового дозволу видавця.

ЗМІСТ

CONTENTS

Тематичний випуск: "Український гідрометеорологічний інститут у XXI сторіччі"	4	Thematic issue: "Ukrainian Hydrometeorological Institute in the 21 st century"
Шпиг В., Скриник О. Фізика атмосфери та чисельні методи метеорологічного прогнозування	5	Shpyg V., Skrynyk O. Atmospheric physics and numerical methods of meteorological forecasting
Мартазінова В., Пясецька С. Кліматичні дослідження та розроблення методів довгострокового прогнозування погоди	18	Martazinova V., Piasetska S. Climatic research and development of long-term weather forecasting methods
Балабух В. Прикладна метеорологія та кліматологія	25	Balabukh V. Applied meteorology and climatology
Кривобок О., Кривошеїн О., Дворецька І., Савенець М. Моніторинг атмосфери	42	Kryvobok O., Kryvoshein O., Dvoretzka I., Savenets M. Monitoring of Atmosphere
Горбачова Л., Христюк Б., Розлач В., Аксюк О. Гідрологічні дослідження	56	Gorbachova L., Khrystiuk B., Rozlach V., Aksiuk O. Hydrological studies
Осадча Н., Осадчий В., Ухань О., Осипов В., Лузовицька Ю. Гідрохімічні дослідження.	68	Osadcha N., Osadchy V., Ukhan O., Osypov V., Luzovitska Yu. Hydrochemical studies
Набиванець Ю., Василенко Є., Данько К. Системні гідрометеорологічні дослідження	85	Nabyvanets Yu., Vasylenko Ye., Danko K. System hydrometeorological research
Войцехович О. Радіаційний моніторинг природного середовища	94	Voitsekhovych O. Radiation monitoring of the natural environment
Ільїн Ю. Дослідження Чорного та Азовського морів	106	Ilyin Yu. Studies of the Black and Azov Seas
Іванов Б. Розроблення засобів та методів гідрометеорологічних досліджень	118	Ivanov B. Development of means and methods of hydrometeorological research

ТЕМАТИЧНИЙ ВИПУСК: “УКРАЇНСЬКИЙ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ В ХХІ СТОРІЧЧІ”

У 2021 році національна гідрометеорологічна служба в Україні відзначила 100 років від часу створення. Виклики сьогодення, пов'язані з планетарними кліматичними змінами, швидкими темпами застосування досягнень науки і техніки ставлять перед гідрометеорологічною службою завдання щодо удосконалення якості усіх технологічних ланцюжків діяльності: від отримання даних спостережень до кінцевої продукції — прогнозів, попереджень, результатів наукових досліджень.

Головною науково-дослідною установою з гідрометеорології в Україні є Український гідрометеорологічний інститут (УкрГМІ) ДСНС України та НАН України, у складі якого діють дев'ять підрозділів:

- фізики атмосфери;
- кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди;
- прикладної метеорології та кліматології;
- моніторингу атмосфери;
- гідрологічних досліджень;
- гідрохімії;
- системних гідрометеорологічних досліджень;
- радіаційного моніторингу природного середовища;
- розроблення технічних засобів, метрології та стандартизації;
- лабораторія дослідження впливу кліматичних змін на водні ресурси.

До складу інституту входять також *Богуславська польова гідрометеорологічна база* (м. Богуслав Київської області) та *теплохід-лабораторія “Георгій Готовчиць”*.

До окупації Криму у 2014 р. Російською Федерацією до складу УкрГМІ входило також *Морське відділення у м. Севастополі*, яке було потужним науковим підрозділом з морської гідрометеорології та регіональної океанології.

З 2022 року УкрГМІ видає новий науковий журнал **“МЕТЕОРОЛОГІЯ. ГІДРОЛОГІЯ. МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ”**. Він є “правонаступником” збірки “Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту”, яка виходила з 1954 року і була включена до переліку фахових наукових видань України. Вийшло 269 випусків збірки, де було надруковано тисячі наукових статей з усіх галузей сучасної гідрометеорології.

В рамках заходів щодо відзначення ювілею національної гідрометслужби в Україні передбачено видання інформаційних матеріалів про діяльність інституту, які підготували його провідні науковці та керівники структурних підрозділів. Тому редакційна колегія вирішила присвятити цій темі перше число нашого нового журналу.

Пропонуємо шановному читачеві тематичний випуск **“Український гідрометеорологічний інститут у ХХІ сторіччі”**, у якому представлені матеріали про діяльність УкрГМІ за усіма основними напрямками досліджень. Разом з інформацією про наукові доробки останніх десятирічь подані короткі дописи про засоби, методи досліджень та провідних фахівців інституту, завдяки яким отримано достатньо вагомні результати.

Сподіваємося, що перший номер нового наукового видання сподобається читачам і заохотить їх подавати для публікації в ньому свої наукові статті щодо актуальних доробків з метеорології, гідрології та моніторингу довкілля.

Вже у наступних числах буде представлено низку наукових статей, які пройшли повний цикл незалежного рецензування і, сподіваємося, гідно підтримають високий науковий рівень збірки “Наукові праці УкрНДГМІ”.

Редакційна колегія



ФІЗИКА АТМОСФЕРИ ТА ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

В. Шпиг, О. Скриник

ДОСЯГНЕННЯ ТА ЗДОБУТКИ 2001–2020 РОКІВ

Відділ фізики атмосфери в УкрГМІ ДСНС України та НАН України було утворено згідно із постановою Ради Міністрів СРСР та УРСР 1958 р. про розвиток досліджень щодо штучного впливу на хмари і тумани.

Нині відділ фізики атмосфери залишається одним із основних наукових підрозділів інституту. Впродовж 2001–2020 рр. його очолювали В.П. Баханов (до 2002 р., 2007–2011 рр.), В.А. Прусов (2003–2007 рр.) та В.М. Шпиг (з 2011 по теперішній час). Перші п'ятнадцять років за відносно достатніх матеріально-технічного та кадрового забезпечення у відділі розв'язувалися питання широкого спектру, пов'язані не лише із теоретичними аспектами, але й зорієнтовані на вирішення завдань національного значення, зокрема:

1. Дослідження закономірностей еволюції систем шаруватоподібних та конвективних хмар і пов'язаних з ними небезпечних явищ.
2. Чисельні дослідження сильних та тривалих опадів.
3. Дослідження та параметризація мікрофізики хмар.
4. Розроблення та вдосконалення супутникових методів оцінки параметрів хмар та опадів.
5. Аналіз даних спостережень за хмарами, опадами і термодинамічним станом атмосфери з метою вдосконалення прогнозів погоди (особливо небезпечних явищ) та вдосконалення чисельних моделей.
6. Дослідження конвективних хмар за допомогою радіолокаційних комплексів АКЗОПРІ та АНТИГРАД (спільно із Кримською воєнізованою протиградовою службою, до 2014 р.).
7. Розроблення та вдосконалення моделі атмосферного переносу домішок.
8. Активні впливи на хмари і тумани.
9. Зміни клімату та їх вплив на хмарний покрив.
10. Моделювання змін клімату, кліматичні проєкції.
11. Адаптація для території України сучасних іноземних чисельних мезомасштабних моделей прогнозу погоди (WRF ARW, WRF NMM, ETA та COSMO).

Наразі відділ має у своєму складі кілька дослідницьких груп, які працюють у наступних напрямках:

1. Моделювання та аналіз фізичних характеристик, процесів та явищ природного та техногенного походження в атмосфері.
2. Мезо- та мікροструктура хмарних систем і пов'язаних із ними опадів.
3. Чисельний прогноз погоди та міждисциплінарні дослідження, орієнтовані на вирішення прикладних задач у галузі гідрології, морської гідрометеорології, екології тощо (спільно із іншими науковими підрозділами УкрГМІ).
4. Мезомасштабні дифузійні процеси в атмосфері та формування забруднення атмосферного повітря промисловими об'єктами.
5. Гомогенізація даних метеорологічних спостережень.

У відділі діють дві наукові школи, засновані доктором фіз.-мат. наук В.М. Волощуком та доктором фіз.-мат. Г.М. Пірнач.

Кожен із перерахованих вище напрямів відзначився отриманням нових наукових та/або прикладних результатів.

Під науковим керівництвом доктора фіз.-мат. наук Пірнач Г.М. було проаналізовано синоптичні умови утворення небезпечно сильних опадів із фронтальних хмарних систем на території України. Побудовано стаціонарні моделі і нестаціонарні чисельні моделі літніх хмарних утворень різних масштабів в їх взаємозв'язку для синоптичних ситуацій, що призводили до небезпечних атмосферних явищ, перш за все небезпечно сильних опадів у літній період, пов'язаних із циклонами, які переміщувалися територією Західної Європи та України. Розроблено методику дослідження сильних та катастрофічних опадів на території України за допомогою чисельних моделей хмарних утворень різних масштабів [1–8]. Проведено комплексне дослідження (чисельне моделювання та аналіз даних спостережень) еволюції систем шаруватоподібних та конвективних хмар і пов'язаних із ними небезпечних явищ на території Криму, яке полягає у побудові діагностичних та прогностичних моделей систем шаруватоподібних та купчастих хмар конкретних атмосферних фронтів та пов'язаних із ними атмосферних явищ, а також експериментальному дослідженні параметрів

конвективних хмарних систем [9–10]. За допомогою чисельних мікрофізичних моделей досліджуються процеси льодоутворення та розробляються нові підходи до їх параметризації [11, 12].

За допомогою архівних даних радіолокаційних спостережень, які проводилися у попередні роки на Експериментальному метеорологічному полігоні, О.Н. Сухінським, М.М. Акімовим та ін. було проведено дослідження фізики мезозон фронтальних хмар і запропоновано комплексну методику кількісного короткострокового прогнозу мезозон сильних опадів для степової частини України.

Під науковим керівництвом Б.Н. Лескова проводилися радіолокаційні дослідження конвективних хмар на Кримському протиградовому полігоні [16]. Отримано нові дані щодо обертання хмар навколо вертикальної осі та динаміки змін об'єму хмар. Б.Н. Лесковим було показано існування і розпочато дослідження конвективних хмар, розвиток яких носить вибуховий характер.

Під науковим керівництвом В.П. Баханова та О.А. Кривобока (зав. лабораторії супутникових досліджень) було розроблено методику моніторингу опадів за даними радіометрів геостационарних супутників та наземних радіолокаторів. Було виконано оцінку точності середньої інтенсивності опадів із літніх конвективних хмар за даними радіометра SEVIRI геостационарного супутника MSG за умови рідкої мережі підтримуючих радарів. Відтворені з використанням розробленої методики інтенсивності опадів мають відносно розходження із радарними, яке не перевищує 18%.

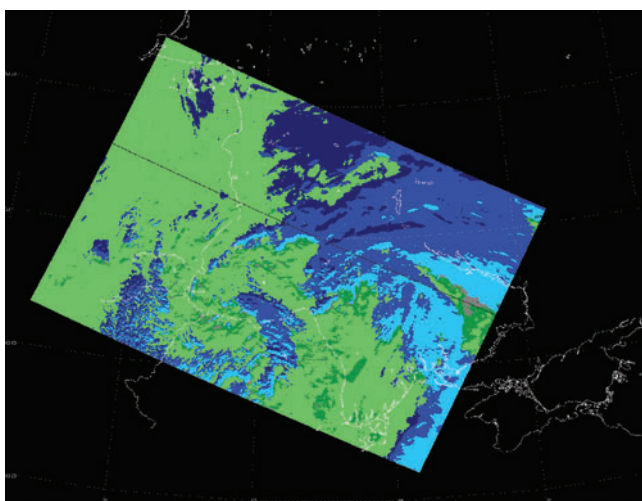
Під науковим керівництвом доктора фіз.-мат. наук В.А. Прусова розроблено низку параметризації процесів підсіткового масштабу, які було включено у вітчизняну регіональну гідродинаміч-

ну модель прогнозу погоди. У 2006 р. рішенням Центральної методичної комісії Державної гідрометеорологічної служби України модель прогнозу погоди для території України була рекомендована до впровадження у підрозділах Гідрометеорологічного центру України.

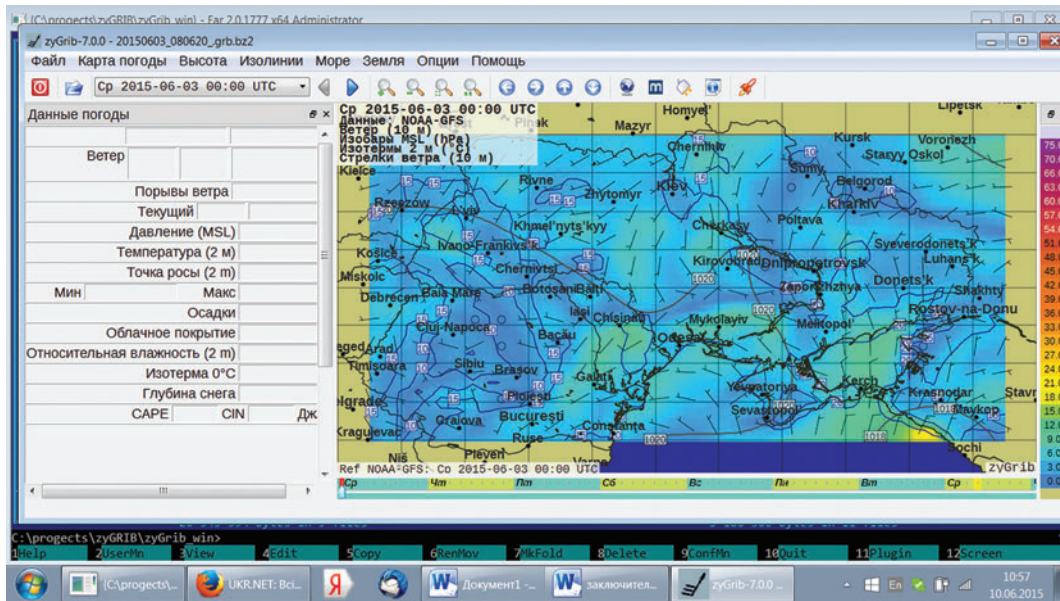
У відділі вдосконалюються існуючі і створюються нові чисельні методи обчислювальної математики. Так, було запропоновано метод розв'язання рівняння конвективної дифузії, що враховує особливості реалізації моделі циркуляції атмосфери, поєднує в собі переваги явних і неявних методів. Суть побудови методу полягає у рознесенні на різні часові шари різниць за і проти потоку в апроксимаціях як першої так і другої просторових похідних. Таким чином, по суті, неявна схема обчислюється послідовно крок за кроком, так званім "явним рахунком". При цьому різниці проти потоку на верхньому часовому шарі не дають паразитним хвилям викривляти чисельний розв'язок. Структурна особливість методу робить його нечутливим до зміни типу рівняння під час розв'язання задачі. Побудовано алгоритм реалізації методу у випадку зміни знаку швидкості конвекції всередині розрахункової області. Проблема нелінійності розв'язується методом лінеаризації рівняння на верхньому шарі, так як параметри конвекції і дифузії беруться на попередньому часовому шарі. Було запропоновано нову схему інтерполяції (на етапі підготовки даних для подальших розрахунків за атмосферою моделлю) із вузлів макромасштабної сітки у вузли регіональної з предісторією у трьох вузлах. В.А. Прусов разом зі своїми учнями канд. фіз.-мат. наук Р.І. Чернишом та канд. фіз.-мат. наук Л.М. Кацаловою (Гук) модифікували адитивно-усереднений метод (МАУМ) для випадку змінних коефіцієнтів багатовимірних рівнянь конвективної дифузії, який призначений для чисельного розв'язання останніх і був реалізований для архітектури відеографічного прискорювача та багатопроекторної системи із спільною пам'яттю засобами CUDA та OpenMP відповідно [17–22].

За архівними даними аерологічних зондувань було уточнено чисельні значення коефіцієнтів, які входять у рівняння напівемпіричних моделей природних процесів підсіткового масштабу з урахуванням рельєфу на основі гідродинамічної моделі вертикального стовпа атмосфери. Показано добру узгодженість розрахованих значень метеорологічних величин із даними радіозондування в пограничному шарі атмосфери.

Проведено ґрунтовне кліматологічне дослідження ресурсів хмар, придатних для штучного збільшення опадів, над територією України. Визначено регіони, які є найбільш перспективні для виробни-



Відтворені значення хмарної відбиваності у каналі 0,6 мкм (29.12.2002, 09:46 GMT)

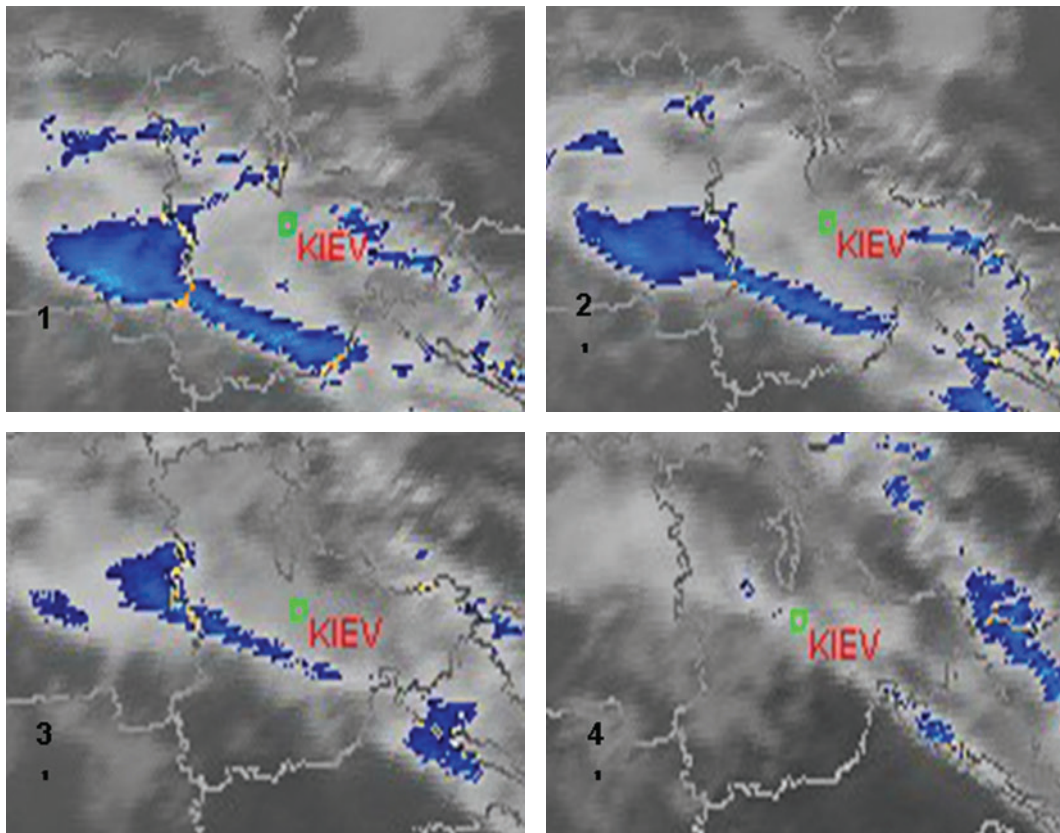


Приземна карти погоди для території України, отримана за чисельною регіональною моделлю прогнозу погоди УкрГМІ

чого збільшення опадів у холодний період року [23]. Виконано дослідження ресурсів хмар холодного періоду року для розрахунку можливої кількості додаткових опадів при активних впливах у трьох

областях України (Одеська, Миколаївська і Херсонська) [24–26].

Після шістнадцятирічної перерви, у травні 2010 р. в Україні було відновлено роботи з регулювання



Дані супутникових спостережень за трансформацією системи хмар, що перемішувались на м. Київ 9 травня 2010 р. і були піддані активному впливу за допомогою спеціально обладнаних літаків. Час спостережень: 1 — 08:05; 2 — 08:35; 3 — 09:50; 4 — 11:05.



Учасники робіт з активних впливів 09.05.2012
після виконання поставленого завдання.

Серед військових льотчиків у другому ряду стоять: провідний науковець Б.Н. Лесков (*четвертий зліва*), директор УкрГМІ В.І. Осадчий (*п'ятий зліва*), завідувач відділу фізики атмосфери В.М. Шпиг (*перший справа*)

опадів. Спільно з військовими льотчиками Повітряних сил Збройних Сил України фахівці відділу брали участь у роботах щодо забезпечення бездошової погоди під час проведення урочистих і святкових заходів впродовж 2010–2017 років.

Протягом останніх років можна відзначити поступовий перехід від теоретичних досліджень, проведення й аналізу лабораторних і натурних експериментів до аналізу різнорідних за способом отримання (безпосереднє та дистанційне) даних спостережень та моделювання із науково-прикладним спрямуванням. Під впливом реалій, що постають перед українською державою, суспільством та вітчизняною наукою, трансформується й фокус досліджень окремих науковців і відділу в цілому. Так, у контексті кліматичних змін на планеті було визначено динаміку, особливості та значимість кліматичних змін кількісних показників хмарного покриття для території України у період глобального потепління [27–33].

НАУКОВА ШКОЛА ДОКТОРА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ НАУК Г.М. ПІРНАЧ

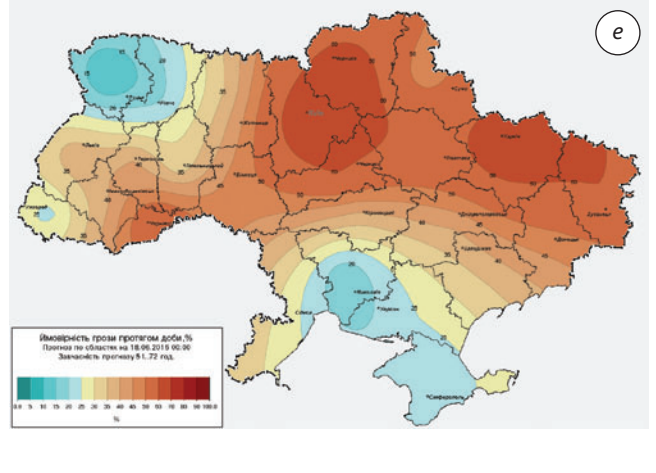
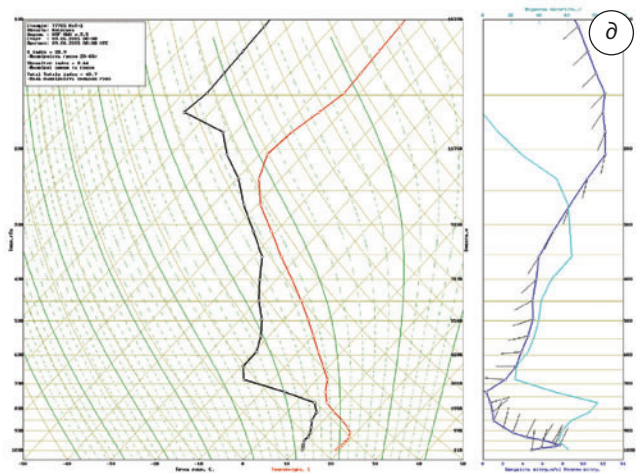
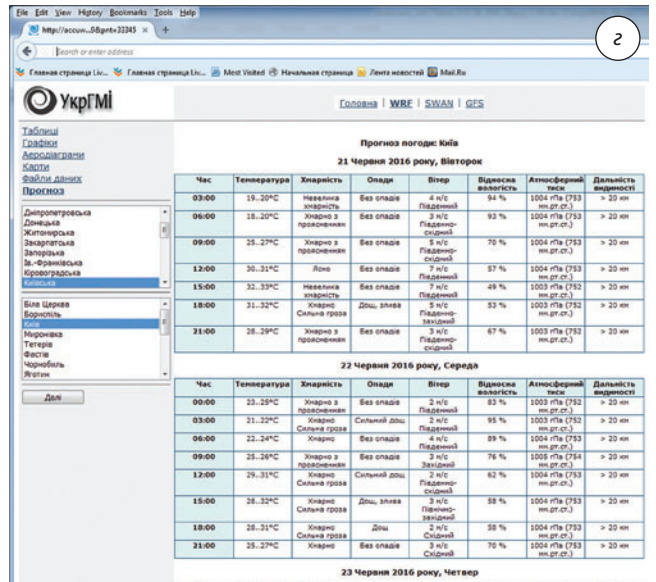
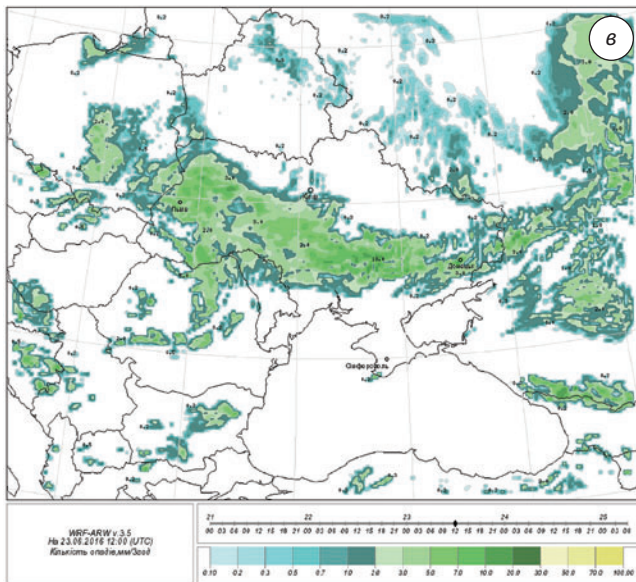
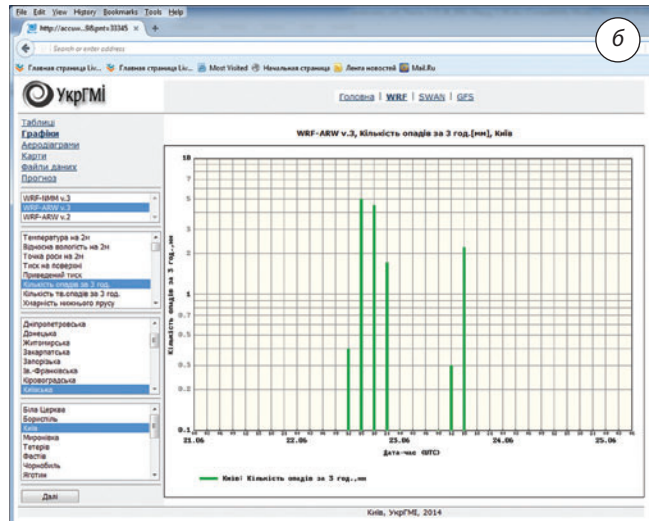
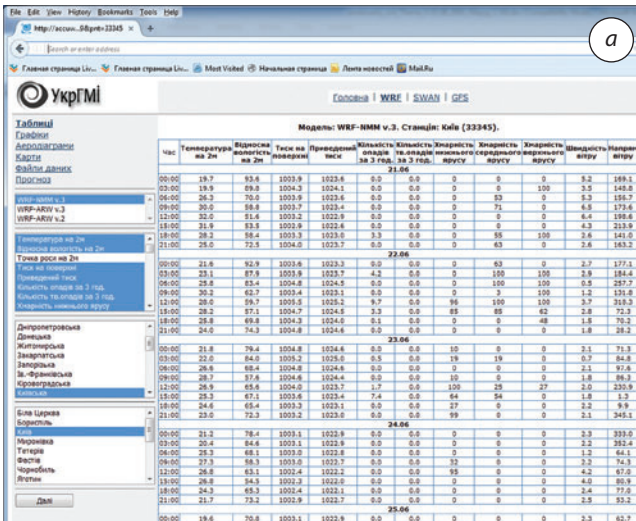
Ганна Михайлівна ПІРНАЧ (18.10.1937 — 23.01.2012) — відомий вчений у галузі фізики хмар. За освітою математик. Спочатку працювала шкільним вчителем математики. У 1964 р. Пірнач Г.М. прийшла до УкрГМІ ДСНС України та НАН України (у той час — УкрНДГМІ), де працювала в колективах видатних вчених радянського періоду: спочатку А.І. Ромова, а потім — М.В. Буйкова. Саме в лабораторії М.В. Буйкова розвилися здібності Г.М. Пірнач

не тільки як програміста високої кваліфікації, але й як теоретика, дослідника (за допомогою мікрофізичних моделей) процесів утворення та еволюції рідкокрапельних та змішаних хмар, пов'язаних із атмосферними фронтами, а також формування в них опадів.

Г.М. Пірнач відома на пострадянському просторі та у багатьох європейських країнах, Ізраїлі та США своїми дослідженнями взаємодії динамічних, термодинамічних і мікрофізичних параметрів фронтальних хмар. Вона стала автором та ідеологом низки одно-, дво- та тривимірних чисельних моделей хмарності атмосферних фронтів з детальною мікрофізикою. За їх допомогою було досліджено еволюцію хмарності на фронтах різних типів, вплив різних мікрофізичних механізмів на опадоутворення у фронтальних хмарах, проведено пошук можливостей розширення діапазону придатності хмар до штучного збільшення опадів у холодний період року. С.В. Краковська, Л.В. Паламарчук та В.М. Шпиг — її учні, які нині працюють в УкрГМІ.

Збільшення числа стихійних і небезпечних атмосферних явищ спонукало до розробки впродовж 2001–2015 рр. нестационарних чисельних моделей фронтальної хмарності (у тому числі конвективної) для літнього періоду із врахуванням орографії місцевості та різним ступенем врахування мікрофізичних процесів [5, 34]. У цей період вивчаються смерчі та вплив вертикального електричного поля на ефективність зіткнення заряджених крапель, як одного із механізмів різкого збільшення опадів [9, 10, 34]. У ході цих досліджень було показано наступне: 1) зі збільшенням потужності конвективної хмари, як правило, збільшується його електрична неоднорідність; 2) можливість швидкого утворення зародків опадів внаслідок коагуляційних процесів і взаємодії заряджених крапель в сильних електричних полях в хмарі; 3) врахування електричної коагуляції призводить до перерозподілу хмарних частинок та збільшення значень водності конвективних хмар.

Бурхливий розвиток чисельного прогнозування погоди у світі призвів до необхідності переймання вітчизняними фахівцями найсучаснішого зарубіжного досвіду та якомога швидшого впровадження результатів в практичній площині. Починаючи з 2007 р., в УкрГМІ було створено групу вчених, які розпочали роботи з адаптації чисельної мезомасштабної атмосферної моделі WRF (ARW/NMM) та ETA для території України (від відділу фізики атмосфери до неї увійшли Будак І.В. та Шпиг В.М.). Вже у лютому 2008 р. було введено в експлуатацію модель WRF ARW v. 2.2.1 і створено веб-сайт. Моделі WRF зарекомендували себе надійним джерелом прогностичної метеорологічної інформації високої точності [35–38].



Дизайн та способи представлення чисельних прогнозів погоди на веб-сайті УкрГМІ ДСНС України та НАН України (<http://accuweather.org.ua/>):

а — прогноз метеорологічних елементів по пунктах у вигляді таблиць; б — прогноз метеорологічних елементів по пунктах у вигляді гістограм та графіків (на рисунку приведено прогноз опадів за фрейм [мм/3 год]); в — прогноз метеорологічних елементів по території у вигляді карт; г — семантична інтерпретація прогнозів метеорологічних елементів; д — прогнозна аерологічна діаграма (ліворуч) та вертикальні профілі швидкості та напрямку вітру (праворуч) у межах тропосфери/стратосфери; е — імовірність грози по областях

Одним із важливих питань в задачах чисельного прогнозування погоди є коректне представлення обчислених у вузлах сітки атмосферної моделі результатів в наперед заданих точках (метеостанції, населені пункти, важливі інфраструктурні об'єкти тощо). На етапі постмодельної обробки даних прогнозу погоди було запропоновано використання методу крігінг-інтерполяції і розроблено відповідний алгоритм методу. На прикладі європейської регіональної моделі COSMO обґрунтовано доцільність його використання при розв'язанні задач прогнозу погоди [39–42].

Дослідницькою групою Шпиґа В.М. було показано природу помилок прогнозів грози, створених на основі відомого і загальноприйнятого у метеорологічній спільноті індексу нестійкості LI (Lifted Index), доведено, що розподіли цього індексу “з грозою” і “без грози” мало залежать від типу і просторової роздільності чисельної моделі прогнозу погоди. На основі цих досліджень уточнено значення індексів нестійкості для факту наявності/відсутності грози та створено систему прогнозування ймовірності грози (див. рис. 11е) для території України [43–47].

Моделі WRF стали основою для створення низки програмно-моделюючих комплексів короткострокового прогнозування паводків для річкових басейнів (зокрема, р. Дністер, р. Західний Буг, р. Прип'ять, р. Тиса та ін.), а також системи прогнозу морського хвилювання в басейнах Азовського та Чорного морів, у розробці яких від відділу фізики атмосфери брали участь І.В. Будак та В.М. Шпиґ.

Іншим напрямом діяльності і застосування знань представників наукової школи Г.М. Пірнач стало моделювання та тестування схем мікрофізичних процесів у кліматичних моделях, який, зрештою, перейшов у нову якість — кліматичні проєкції та їх аналіз, що в УкрГМІ пов'язано, перш за все, з роботами Краковської С.В. та Паламарчук Л.В.

У рамках комплексних наукових тем, які виконувалися на замовлення НАН України, та гранту INTAS Ref.Nr 04-83-3351 “Detailed spectral parameterization of mixed cloud microphysics in weather forecast models” з партнерами із відділу регіональних моделей клімату Інституту Макса-Планка з метеорології (м. Гамбург) та з лабораторії інструментальних та експериментальних досліджень мікрофізики аерозолів та хмар Національного центру з метеорологічних досліджень (м. Тулуза) Краковською С.В. було проведено серію чисельних експериментів з оцінки параметризацій швидкостей автоконверсій, акреції та седиментації, що використовуються в регіональних моделях, а також розрахунки цих же швидкостей з отриманих спектрів часток хмар та опадів в Комбінованій Моделі Хмарної Тропосфери (КМХТ),

котра була розроблена в Українському гідрометеорологічному інституті. Було запропоновано нові нелінійні формулювання для параметризації швидкостей седиментації хмарних часток, концентрації крапель та водності для застосування в регіональних та інших моделях з узагальненою мікрофізикою. Також у рамках цього гранту було розроблено та випробувано методику спільного використання регіональної кліматичної моделі REMO (МПІ-М, м. Гамбург), КМХТ та 1-вимірної спектральної мікрофізичної моделі хмари (розроблена в УкрГМІ) у дослідженні сильних та тривалих опадів. Вперше ця методика застосована для моделювання випадків катастрофічних опадів, що спричинили повені в Західній Європі в 2002 р. та в Карпатах в 1998 та 2003 рр. При моделюванні за допомогою REMO та КМХТ було отримано близькі до експериментальних спостережень розподіли у просторі опадів та їх максимумів. Спектральна 1-вимірною мікрофізична модель хмари ініційована вихідними даними з REMO продемонструвала здатність коректно відтворювати часовий хід та кількість опадів у пункті [48–50].

Групою дослідників відділу фізики атмосфери під керівництвом Краковської С.В. вперше в Україні кількісно визначено можливі зміни клімату в XXI столітті для території України із застосуванням ансамблю з 10 сучасних моделей загальної циркуляції атмосфери та океанів (МЗЦАО) на основі трьох сценаріїв викидів парникових газів та аерозолів: B1, A1B та A2. Проаналізовано середньорічні, сезонні та щомісячні основні кліматичні характеристики (приземна температура повітря та кількість опадів). У 2009 р. результати цих досліджень увійшли у П'яте Національне Повідомлення України з питань зміни клімату. З метою уточнення проєкцій можливих кліматичних змін в Україні протягом XXI ст. цією ж групою науковців було залучено результати моделювань декількох регіональних кліматичних моделей (PKM) з європейського проєкту ENSEMBLES (Ensembles-Based Predictions of Climate Changes and Their Impacts), котрі були розраховані з різними МЗЦАО. Проведена їх верифікація на минулому та сучасному кліматі для різних регіонів України й отримано, що оптимальною PKM є модель REMO, розрахована з початковими та граничними умовами з ECHAM5/MPI-OM, обидві моделі розроблені в Інституті метеорології Макса-Планка, м. Гамбург [51–55].

**НАУКОВА ШКОЛА
ДОКТОРА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ НАУК,
ПРОФЕСОРА В.М. ВОЛОЩУКА**

Володимир Михайлович ВОЛОЩУК
(02.04.1938–12.04.2021) — вчений геофізик із світо-

вим ім'ям. За освітою — фізик-теоретик (випускник кафедри теоретичної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка). Його вирізняли надзвичайна глибина знань з різних розділів фізики, математики, метеорології і кліматології та виняткова інтуїція, яка допомагала знаходити шляхи (часто — не стандартні) до вирішення складних наукових проблем та задач. Професора Волощука вирізняв також і непересічний педагогічний талант, свідченням чого є його учні, послідовники та студенти.

Ранній період наукової діяльності В.М. Волощука був зосереджений на вирішенні фундаментальних проблем фізики атмосферних дисперсних систем — тематики, яка тісно поєднана із фізикою хмар. Основними напрямками цього періоду були гідродинаміка грубо дисперсних аерозолів та кінетика коагуляційних процесів в аеродисперсних системах. У кожному із напрямів було отримано фундаментальні результати, узагальнені у вигляді монографій (Волощук, 1971; Волощук и Седунов, 1975; Волощук, 1984), які пізніше стали класичними для цілого покоління науковців — дослідників атмосферних аерозолів.

Після аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС), увага наукової спільноти була прикута до вивчення її наслідків для навколишнього середовища та громадського здоров'я. У цьому контексті, гостро постала проблема щодо коректного фізико-математичного моделювання та прогнозування атмосферного перенесення, дисперсії (турбулентної дифузії), фізико-хімічної трансформації аерозольних частинок (в тому числі і радіоактивних) і їх сухого та вологого вимивання з атмосфери на значних просторово-часових масштабах. Волощуком В.М. було отримано ряд аналітичних розв'язків дифузійних задач, які описували розсіювання газо-аерозольних домішок у граничному шарі атмосфери при реальних профілях метеорологічних величин (напр., Волощук, 1991; Волощук и др., 1992). Ним було сформульовано ряд глибоких фізичних гіпотез, щодо деяких особливостей процесів атмосферної (турбулентної) дифузії та можливості їх адекватного врахування у відповідних математичних моделях та параметризаціях (Voloshchuk and Shkvorets, 1993; Волощук и Скриник, 2002).

З кінця 80-х років минулого століття, метеорологи та кліматологи приділяють все більше уваги сучасним кліматичним змінам, їх фізичному обґрунтуванню, регіональним проявам та можливим наслідкам. Дослідження Волощука В.М. і його учнів у цьому напрямі зосереджені на вивченні фізичних основ теорії клімату та на виявленні та кількісній оцінці трансформації кліматичних умов України, та їх потенційних наслідків (Волощук та ін., 2002).

В Українському гідрометеорологічному інституті основними напрямками досліджень наукової школи професора Волощука залишаються: вивчення, параметризація та моделювання процесів атмосферної (турбулентної) дифузії газо-аерозольних домішок, їх фізико-хімічних перетворень; фізичні основи теорії клімату, включаючи дослідження регіональних особливостей сучасних кліматичних трансформацій в Україні під впливом глобальних змін.

Невід'ємною складовою частиною наукової школи професора Волощука є дослідницька група кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника О.Я. Скриника (О.Я. Скриник, О.А. Скриник, Д.О. Ошурок, В.П. Сіденко, Д.О. Бойчук).

Одним із основних напрямів наукових досліджень, які проводяться групою, є вивчення фізичних механізмів формування просторово неоднорідного (плямистого) забруднення місцевості аерозольними домішками (в тому числі і радіоактивними) на регіональному просторовому масштабі. Початковим стимулом для цих досліджень була необхідність встановлення та наукового обґрунтування причин формування локальних максимумів поверхневого забруднення території України радіоактивними радіонуклідами (такими як ^{137}Cs), що потрапили в атмосферу під час Чорнобильської катастрофи. Мова йде про вторинні (віддалені на значні відстані від джерела викиду) максимуми забруднення. Не зважаючи на значний проміжок часу, що минув після аварії на ЧАЕС, дослідження особливостей перенесення, дисперсії та осідання радіоактивних аерозолів на регіональних просторових масштабах залишається актуальною задачею. Це пов'язано із надзвичайною складністю фізичних процесів широкого спектру просторово-часових масштабів, які необхідно враховувати при дослідженні/моделюванні. Крім того, на превеликий жаль, час від часу трапляються інші катастрофи техногенного характеру, як, наприклад, аварія на японській атомній електростанції у місті Фукусіма, які реактивують увагу світової наукової спільноти до зазначеної тематики, та до проблеми адекватного розрахунку та кількісного прогнозування перенесення та дисперсії газо-аерозольних домішок на регіональному та глобальному просторових масштабах.

Для проведення таких досліджень групою використовується широкий спектр методів та підходів: починаючи з аналітичних методів отримання розв'язку спрощених задач атмосферної дифузії в граничному шарі атмосфери (Скриник, 2010; Скриник, 2012), та закінчуючи використанням складних комп'ютерних моделювальних систем атмосферної дисперсії, таких як CALMET/CALPUFF та HYSPLIT

(Giaiotti et al., 2018; Skrynyk et al., 2019). Використання аналітичних методів поряд із сучасними добре апробованими моделювальними системами дозволило глибше проникнути у розуміння фізичних процесів, які були відповідальними за формування регіонального радіоактивного забруднення місцевості під час активної фази Чорнобильської катастрофи (Giaiotti et al., 2018; Skrynyk et al., 2019). Обґрунтовано потенційну можливість формування локальних вторинних максимумів поверхневого забруднення без участі вологого вимивання радіоактивного аерозолу атмосферними опадами, яке вважається основною причиною плямистості. Іншим не тривіальним фізичним механізмом може бути періодична зміна (добовий чи синоптичний хід) інтенсивності вертикального турбулентного перемішування в граничному шарі атмосфери, яка в географічних умовах України найбільш чітко проявляється у весняно-літній період (Волощук та ін., 2007; Скриник та Грицюк, 2007; Skrynyk et al., 2009).

Перспективним напрямом досліджень, пов'язаних із атмосферою дисперсією і які зараз активно здійснюються групою, є також моделювання якості атмосферного повітря в межах великих міст чи індустріальних центрів (таких як Київ, Кривий Ріг та ін.) (Bezyk et al., 2021).

Важливим напрямом наукових досліджень групи є оцінювання вітроенергетичних ресурсів України в умовах сучасного клімату (Осадчий та ін., 2015). Проведення оцінювання було здійснено на основі використання емпіричної інформації (строкових даних метеорологічних вимірів на 204 станціях моніторингової мережі за період з 1981 по 2010 рр.), даних реаналізу ERA-Interim та із залученням мезомасштабної діагностичної метеорологічної моделі CALMET, яка є метеорологічним препроцесором дисперсійної моделі CALPUFF (Осадчий та ін., 2017; Ошурок та Скриник, 2019). Поєднання найбільш повного масиву емпіричної метеорологічної інформації з даними реаналізу та із сучасним спеціалізованим метеорологічним програмним забезпеченням дозволило отримати достатньо точні оцінки просторового розподілу вітроенергетичного потенціалу на території України з горизонтальним кроком розрахункової сітки 2,5 км на висотах у приземному шарі атмосфери, які є найбільш важливими з точки зору вітроенергетики. Вагомим результатом проведених досліджень цього напрямку є створення електронного Атласу сучасного стану вітроенергетичних ресурсів України, який може слугувати основою для розробки кліматичного сервісу відповідного спрямування, що є надзвичайно важливим в епоху активної декарбонізації економіки країни. Продов-

ження досліджень по оцінюванню вітроенергетичних ресурсів, яке планується здійснити у групі, буде включати оновлення отриманих оцінок за рахунок залучення емпіричної метеорологічної інформації за останнє десятиріччя та використання складніших моделювальних систем для розрахунку вітрових потоків в умовах складної орографії (наприклад, прогностичної регіональної метеорологічної моделі WRF ARW).

Сучасні швидкі зміни глобального клімату та їх регіональні прояви, які встановлені в основному на основі аналізу рядів даних інструментальних гідрометеорологічних спостережень, змусили наукову спільноту прискіпливіше подивитись на використання емпіричну метеорологічну інформацію та її якість. Річ у тім, що зазвичай ряди даних спостережень містять не тільки інформацію про клімат, але також і про умови за яких ці дані було отримано (оточуюче середовище, використовувані методики, прилади тощо). У цьому контексті, групою проводяться дослідження щодо виявлення та вилучення кліматологічної неоднорідності (станційних сигналів) у рядах основних метеорологічних/ кліматологічних величин, таких як температура повітря та кількості атмосферних опадів, отриманих на території України. Виявлення можливих точок розриву та розрахунок величини/амплітуди відповідного зсуву здійснюється із використанням сучасних алгоритмів та програмних забезпечень, таких як Homer, MASH, Climatol та ін. (Осадчий та ін., 2017; Osadchyi et al., 2018; Skrynyk et al., 2019; Skrynyk et al., 2021a). Крім того, групою проводиться робота із врятування історичних даних найраніших (XIX ст.) інструментальних строкових метеорологічних спостережень, проведених на території сучасної України, та їх цифровізації з метою подальшого аналізу та використання (наприклад, для створення історичних реаналізів чи реконструкцій) (Skrynyk et al., 2021b).

КНИЖКОВІ ВИДАННЯ ЗА УЧАСТІ ФАХІВЦІВ ВІДДІЛУ ФІЗИКИ АТМОСФЕРИ

Фахівці відділу виступили авторами та співавторами відомих у своїх напрямках монографій:

- Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. К.: Вид-во Раєвського. 2003. 344 с.
- Силаєв А.В., Баханов В.П., Баханова Р.А. та ін. Проблема фізики хмар і активних впливів на метеорологічні процеси. К.: Наукова Думка. 2004. 352 с.
- Прусов В.А., Дорошенко А.Ю. Фізичні і математичні моделі, чисельні методи аналізу і прогнозу природних та техногенних процесів в атмосфері.

- Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Інститут програмних систем НАН України. К.: Наукова думка. 2006. 542 с.
- Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.). / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Державна гідрометеорологічна служба. К.: Ніка-Центр. 2006. 312 с.
 - Пірнач Г.М. Чисельне моделювання хмар та опадів у системах атмосферних фронтів. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Київ: Ніка-Центр. 2008. 295 с.
 - Силаєв А.В. Популярна метеорологія. К: Ніка-Центр. 2010. 304 с.
 - Клімат Києва / За ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Центральна геофізична обсерваторія. К: Ніка-Центр. 2010. 320 с.
 - Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату (колективна монографія) / За ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Київ: Ніка-Центр. 2010. 304 с.
 - Осадчий В.І., Бабіченко В.М., Набиванець Ю.Б., Скриник О.Я. Динаміка температури повітря в Україні. Київ: Ніка-Центр. 2013. 308 с.
 - Prusov V. A., Doroshenko A. Y. Hydrodynamic Modeling of Industrial Pollutants Spreading in Atmosphere. *Mathematical Problems in Meteorological Modelling* / Editors: András Bátkai, Petra Csomós, István Faragó, András Horányi, Gabriella Szépszó. 2016. 87–116 pp.
 - Prusov V., Doroshenko A. *Computational Techniques for Modeling Atmospheric Processes*. Hershey, USA: IGI Global. 2017. 460 p.
 - Прусов В.А., Сніжко С.І. *Методи прикладного системного аналізу в гідрометеорології*. К.: Прінт-Сервіс. 2017. 703 с.
 - Краковська С.В., Паламарчук Л.В. *Регіональні зміни клімату України*. К.: Прінт-Сервіс. 2018. 90 с.
 - Doroshenko A., Shpyg V., Budak I., Huda K. Numerical atmospheric models and their application in different areas of economics. *Ukraine in the context of global and national modern servisation processes and digital economy* / Edited by Kvasniy L. and Tatomyr I. Praha: Oktan Print. 2020. P. 155–171.

МІЖНАРОДНЕ НАУКОВЕ СПІВРОБІТНИЦТВО

Протягом 2004–2008 рр. фахівці відділу фізики атмосфери брали участь у виконанні міжнародних наукових досліджень у рамках проекту NATO ENVIR. CLG 930449, а також в організації та проведенні спільних EUMETSAT (Європейська організація з та

УкрНДГМІ семінарів-тренінгів для представників гідрометслужб країн СНД у 2003 та 2009 роках, були постійними доповідачами на щорічних конференціях з супутникової метеорології EUMETSAT.

В.П. Баханов, С.В. Краковська та В.М. Шпиг до 2014 р. були членами робочих груп Ради з гідрометеорології країн СНД, які діяли на постійній основі.

Б.А. Дорман та С.В. Краковська отримували гранти наукових установ Європейського Союзу на проведення досліджень в області моделювання мікрофізичних процесів хмарах шаруватих форм.

Впродовж 2012–2015 рр. було підписано дві угоди про співробітництво в області чисельного мезомасштабного моделювання між Німецькою службою погоди (DWD) та УкрГМІ ДСНС України та НАН України. У 2016 р. дію угоди було пролонговано ще на один рік. У межах дії даних угод проводилося тестування різних версій моделі COSMO, виконувалося дослідження щодо точності прогнозу температури та опадів моделлю COSMO у прибережних та гірських районах та постмодельної обробки прогностичних даних. Фінансування робіт не було, проте на період дії договору УкрГМІ ДСНС України та НАН України безкоштовно отримав ліцензію на використання моделі COSMO та вхідних даних німецької глобальної моделі прогнозу погоди GME для обчислення оперативних прогнозів для території України, які проводилися впродовж 2012–2016 рр.

Дослідницька група кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника О.Я. Скриника проводить дослідження у тісній співпраці із провідними вченими та експертами ряду іноземних університетів та наукових центрів: Регіонального центру моделювання оточуючого середовища (Пальманова, Італія) Університет Ровіра і Віргілі (Тарагона, Іспанія), Університет Юстуса Лейбіга (Гіссен, Німеччина), Університет Назарбаєва (Нур-Султан, Казахстан).

О.Я. Скриник виступає рецензентом рукописів статей для журналу "International Journal of Climatology".

В.М. Шпиг з 2013 р. є експертом Комісії з атмосферних наук Всесвітньої метеорологічної організації.

ЗАХИСТ ДИСЕРТАЦІЙ

Впродовж 2001–2020 років у відділі фізики атмосфери отримали наукові ступені:

1. Чотири кандидати фізико-математичних наук — С.В. Краковська, О.Я. Скриник, Л.М. Кацалова (Гук) та Р.І. Черниш.
2. Три кандидати географічних наук — В.М. Шпиг, Н.В. Гнатюк, Д.О. Ошурок.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ДІЯЛЬНОСТІ

Найближча (3–5 років) перспектива. Протягом останніх десятиліть чисельні моделі прогнозу погоди утвердилися як високоефективний засіб в повсякденній оперативній практиці прогностичних центрів багатьох країн світу. Їх використання значно прискорює та спрощує процес створення різнотипної інформації для широкого кола користувачів, котрий до того ж не залежить від самопочуття прогнозіста (синоптика). Точність таких моделей, як правило, перевищує точність синоптичних прогнозів, особливо, якщо мова йде про їх просторово-часову дискретизацію. Не зважаючи на всі переваги чисельних моделей, їх створення та експлуатація несе в собі і певні труднощі, пов'язані із повнотою фізичних схем, спрощеннями та математичними методами, котрі в них використовуються, потребою в обчислювальних ресурсах та у разі використання емпіричних величин своєрідною територіально-географічною обмеженістю у використанні. Сьогодні удосконалення якості прогнозів відбувається у двох напрямках: поліпшення справджуваності прогнозу і збільшення його завчасності. Все більше уваги приділяється прямому прогнозуванню явищ. Наприклад, у моделі WRF з'явилася можливість безпосереднього обчислення електричних процесів у хмарах. Таким чином, впродовж найближчих п'яти років актуальним є продовження робіт з підвищення ступеня просторо-часової дискретизації чисельного прогнозу для території України та створення на їх основі нових систем прогнозування явищ, а також розроблення нових геосферних (об'єднаних) систем на основі чисельних атмосферних моделей (спільно із іншими науковими підрозділами УкрГМІ ДСНС України та НАН України) орієнтованих на вирішення міждисциплінарних проблем у галузі гідрології, морської гідрометеорології, екології тощо.

Довгі ряди кліматологічних показників зазвичай містять різкі зсуви східчастого характеру та/або плавні тренди, які не є наслідком змін клімату чи його мінливості. Їх виявлення та вилучення, тобто приведення рядів до однорідного стану, чи, іншими словами, гомогенізація, є важким завданням, оскільки в рядах кліматологічних даних завжди наявна інтенсивна шумова компонента, яка добре маскує будь-які регулярні зміни. За наявності детальної інформації про історії станцій та виконання паралельних вимірювань у "старих" і "нових" умовах можна було б точно оцінювати неоднорідності. Проте зазвичай історична інформація є доволі обмеженою та неповною, а паралельні вимірювання взагалі відсутні. Тому для гомогенізації здебільшого застосовують статистичні методи. Очевидно, що першим етапом проведення кліматологічних досліджень має бути перевірка на однорідність/неоднорідність емпіричних даних. Така перевірка є особливо важливою в разі досліджування чи оцінювання змін клімату і в найближчі роки залишається актуальною задачею як в Україні, так і за кордоном.

Віддалена (10–20 років) перспектива. В міру проведення реновації вітчизняної гідрометеорологічної системи, в першу чергу оновлення парку інструментальних засобів, та підвищення ступеня автоматизації обміну даними спостережень (безпосередньо від місця їх проведення до обчислювального центру) стане можливим перейти до реалізації асиміляції даних спостережень в чисельних моделях прогнозу погоди, розроблення системи оперативного реагування на аварійні викиди шкідливих домішок в атмосферу, дослідження мезомасштабних збурень та конвективних систем, діагнозу і прогнозу небезпечних та стихійних явищ, пов'язаних із конвективними хмарами, за даними метеорологічних супутників та радіолокаційних комплексів, інших технічних засобів та джерел даних дистанційного вимірювання та спостережень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пірнач А.М. Чисельне моделювання фронтальних смуг дощових хмар із затопленою конвекцією за умови різної інтенсивності механізмів утворення хмар та опадів. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 1999. Вип. 247. С. 5–16.
2. Пірнач А.М., Білокобильський А.В. Чисельне моделювання літніх фронтальних хмар. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2000. Вип. 248. С. 5–21.
3. Пірнач Г.М., Заблоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Чисельні та експериментальні дослідження фронтальних хмарних систем, які зумовили небезпечні явища в Україні. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 42–60.
4. Пірнач Г.М., Дудар С.М., Шпиг В.М. Чисельне моделювання фронтальних хмарних систем, які супроводжували сильний паводок у Карпатах у листопаді 1998 року. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2006. Вип. 255. С. 5–24.
5. Пірнач Г.М., Шпиг В.М. Моделювання потужних конвективних хмар. *Геоінформатика*. 2007. № 4. С. 86–94.
6. Пірнач Г.М., Шпиг В.М. Чисельне моделювання фронтальних хмарних систем, які супроводжували сильні паводки у Карпатах. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2008. Вип. 50, Ч. 1. С. 81–87. (ISSN 0130-2914).
7. Пірнач А.М., Шпиг В.М. Численные исследования эволюции мезомасштабных образований, сопровождавших опасные явления в Крыму. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2009. № 4. С. 60–66.
8. Pirnach G., Belyi T., Shpyg V., Dudar S. Numerical simulation of heavy precipitation during floods in Carpathian [Електронний ресурс]. 13th Conference on Cloud Physics / 13th Conference on Atmospheric Radiation: 28 June — 02 July. 2010 : Res. Abs. Portland (Oregon, USA) 2010. — Режим

- доступу до журн.: <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/170141.pdf>
9. Лесков Б.Н., Бондаренко Г.В., Кубовський В.Т. та ін. Дослідження смерчів у Криму. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2008. Вип. 50, Ч. 1. С. 196–201. (ISSN 0130-2914)
 10. Лесков Б.Н., Пірнач Г.М., Сирота М.В., Шпиг В.М. Смерчі у Криму 22 липня 2002 року. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 75–91.
 11. Краковська С.В., Пірнач Г.М., Дюкель Г.О. Дослідження процесів льодоутворення у змішаних хмарах холодного півріччя над Україною. *Наук. праці УкрНДГМІ*. Вип. 256. 2007. С.53–75.
 12. Хотяїнцев В.М., Бардаков Р.В., Краковська С.В., Шпиг В.М. Еволюція змішаної хмари: ріст частинок льоду. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 268. С. 3–15.
 13. Bakhanov V., Kryvobok O., Dorman B. Numerical simulation of frontal mixed cloud systems and cloud microstructure effect on satellite signal. Proceedings of the 2004 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference (Prague, 2004). 2004. P. 301–306.
 14. Дорман Б.А., Баханов В.П., Мажара А.А. Микрофизические и оптические характеристики фронтальных смешанных облаков (результаты численного моделирования). *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2010. Вип. 259. С. 74–90.
 15. Баханов В.П., Дорман Б.А., Кривобок А.А., Манжара А.А. Численное моделирование микрофизических и оптических характеристик тонких слоистых облаков. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2013. Вип. 265. С. 3–7.
 16. Лесков Б.Н., Носар С.В., Сирота М.В. та ін. До питання про потужність градових процесів у літньому сезоні в Криму. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 1 (52). С. 97–108.
 17. Прусов В.А., Дорошенко А.Е., Черныш Р.И., Гук Л.Н. Эффективная разностная схема численного решения задачи конвективной диффузии. *Кибернетика и системный анализ*. 2007. № 3. С. 64–74.
 18. Прусов В.А., Дорошенко А.Е., Черныш Р.И., Гук Л.Н. Теоретическое исследование одного численного метода решения задачи конвективной диффузии. *Кибернетика и системный анализ*. 2008. № 2. С. 161–170.
 19. Гук Л.М. Стійкість та збіжність економічного методу розв'язання одновимірної задачі конвективної дифузії. *Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки*. 2008. № 4. С. 115–118.
 20. Гук Л.М. Експериментальне дослідження методу розв'язання одновимірної задачі конвективної дифузії. *Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки*. 2009. № 1. С. 98–101.
 21. Гук Л.М. Метод явного рахунку для реалізації моделі циркуляції атмосфери. *Вісник Київського університету: Серія: фізико-математичні науки*. 2011. № 4. С. 102–106.
 22. Прусов В.А., Дорошенко А.Ю., Кацалова Л.М., Бекетов О.Г. Паралельні обчислення двовимірної задачі конвективної дифузії на відеокарті. *Вісник Київського університету: Серія: фізико-математичні науки*. 2013. № 3. С. 118–121.
 23. Заблоцька Т.М., Лесков Б.Н., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Оцінка можливої кількості штучних опадів з хмар холодного періоду року. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2000. Вип. 248. С. 57–66.
 24. Носар С.В., Степура Є.А. Можливість штучного збільшення зимових опадів у Північно-західному Причорномор'ї (на прикладі Миколаївської області). *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2014. Вип. 266. С. 26–38.
 25. Носар С.В., Степура Є.А. Оцінка можливого штучного збільшення опадів у Північному Причорномор'ї в холодну частину року (на прикладі Херсонської області). *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 27–40.
 26. Носар С.В., Степура Є.А. Потенціал штучного збільшення опадів холодної частини року в Північному Причорномор'ї (на прикладі Одеської області). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Вип. 2(45). С. 83–101.
 27. Заблоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Просторово-часові зміни кількості хмар над територією України. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 100–106.
 28. Заблоцька Т.М., Шпиг В.М. Кількісні зміни хмарності як показник тривалості періоду глобального потепління. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2015. Вип. 267. С. 23–27.
 29. Заблоцька Т.М., Шпиг В.М., Ціла А.Ю. Зміни показників хмарного покриття над територією України впродовж періоду глобального потепління. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 4 (55). С. 121–130. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.10>
 30. Заблоцька Т.М., Кривобок О.А., Скриник О.Я., Шпиг В.М. Верифікація супутникової інформації щодо мікрофизичних характеристик та верхньої межі хмар. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2016. Вип. 268. С. 24–33.
 31. Заблоцька Т.М., Кривобок О.А., Шпиг В.М. Водоресурси фронтальних хмарних систем за даними супутникових спостережень у теплий період року. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2018. Т. 3 (50). С. 66–72.
 32. Заблоцька Т.М., Кривобок О.А., Шпиг В.М. Водоресурси фронтальних хмарних систем у холодний період року за даними супутникових спостережень. *Фізична географія та геоморфологія*. 2018. Вип. 2 (90). С. 70–75.
 33. Заблоцька Т.М., Кривобок О.А., Шпиг В.М., Ціла А.Ю. Ефективний радіус крапель в хмарах різних форм та фронтальних хмарних системах за даними супутникових спостережень у теплий період року. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. № 1 (56). С.71–82. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.8>
 34. Белый Т.А., Шпиг В.М. Численное моделирование микрофизических и электрических характеристик конвективных облаков. *Геоінформатика*. 2016. № 3 (59). С. 40–48.
 35. Шпиг В.М., Будає І.В. Особливості прогнозування сильних опадів в умовах гірської місцевості. *Фізична географія та геоморфологія*. 2010. Вип. 3 (60). С. 92–99.
 36. Пишняк Д.В., Ивус Г.П., Шпиг В.М., Будає І.В. Расчет доступной потенциальной энергии на основе данных региональной модели атмосферы WRF-ARW. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 6. С. 130–137.
 37. Шпиг В.М. Точність прогнозу термодинамічних метеорологічних величин і опадів в умовах гірської місцевості за гідростатичною та негідростатичною чисельними атмосферними мезомасштабними моделями. *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Вип. 4 (76). С. 117–136.
 38. Shpyg V., Budak I., Pishniak D., Poperechnyi P. The Application of Regional NWP Models to Operational Weather Forecasting in Ukraine [Електронний ресурс] // CAS Technical Conference (TECO) on "Responding to the Environmental Stressors of the 21st Century": 18–19 November 2013: Conf. Materials. — Antalya, 2013. — Режим доступу до журн. <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/cas/documents/Ukraine-NWPModels.pdf>
 39. Кацалова Л.М., Шпиг В.М. Крігінг-інтерполяція у задачах прогнозу погоди. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2013. Вип. 264. С. 3–9.

40. Кацалова Л.М., Шпиг В.М. Вариографічні моделі розподілу метеовеличин на території України для крігінг-інтерполяції. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2014. Вип. 266. С. 20–26.
41. Кацалова Л.М., Шпиг В.М. Вибір варіографічної моделі для даних прогнозу тиску, температури та опадів. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2016. Вип. 269. С. 17–27.
42. Katsalova L.M., Shpyg V.M. The choice of optimal lag for Kriging interpolation of NWP model forecast. *Meteorology, Hydrology and Water Management*. 2016. Vol. 4, Issue 2. P. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/64292>
43. Гусейнов Н.Ш., Шпиг В.М., Меліков Б.М. Диагностические параметры условий формирования гроз. *Фізична географія та геоморфологія*. 2013. Вип. 4. С. 117–126.
44. Шпиг В.М., Будак І.В. Сравнительная оценка радиолокационных и наземных данных наблюдений грозы. Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата. Сборник научных статей международной научной конференции, г. Минск, 5–8 мая 2015 г. Минск, Издательский центр Белорусского Государственного Университета. 2015. С. 202–203.
45. Шпиг В.М., Будак І.В. Перехресна перевірка радіолокаційних даних та наземних спостережень щодо грози та граду. Перший Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд: 22–23 березня 2017 р., м. Одеса, Україна. Одеса: ТЕС, 2017. С. 295–296.
46. 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. — P. 610–615. DOI: 10.1109/IRS.2015.7226388
47. Shpyg V., Budak I. Estimation of effectiveness of thunderstorms observation and their forecast by the instability indices. 7th International Verification Methods Workshop: 03–11 May 2017, Berlin, Germany. *Annalen der Meteorologie*. 2017. Vol. 51. P. 81.
48. Krakovskaia S.V., Palamarchuk L.V., Shpyg V.M. Numerical simulation clouds and precipitation caused catastrophic floods along the Elbe river in August 2002 [Електронний ресурс] // In Proc. of WMO Int. Cloud Modelling Workshop. — Gamburg, 2004. — Режим доступу до журн. : http://box.mmm.ucar.edu/events/wmo_workshop04/presentations/Thursday/ICMW_Krakovskaia.ppt
49. Palamarchuk L., Shpyg V., Krakovskaia S. Floods in the Carpathians: synoptic analysis and numerical modeling [Електронний ресурс] European Geosc. Union, Gen. Assembly 2005: 24–29 April 2005: Geoph. Res. Abs. Vienna, 2005. Режим доступу до журн.: <http://www.cosis.net/abstracts/EGU05/00967/EGU05-J-00967-1.pdf>
50. Krakovska S., Palamarchuk L., Pirnach A. et al. Floods in the Carpathians: numerical modeling in the study of the extreme precipitation events. II International Conference on Earth System Modeling (ICESM), Hamburg, Germany, 26–31 August 2007 <http://www.cosis.net/abstracts/ICESM2007/00280/ICESM2007-A-00280.pdf>
51. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Дюкель Г.А. Региональная модель (РЕМО) в изучении сильных осадков в Карпатах. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2008. Вип. 50, ч. 1. С. 75–80.
52. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко І.П. та ін. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (РЕМО) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961–1990 рр. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2008. Вип. 257. С. 42–60.
53. Паламарчук Л.В., Гнатюк Н.В., Краковська С.В. та ін. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ столітті. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2010. Вип. 259. С. 104–120.
54. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко І.П. та ін. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в ХХІ ст. *Геофізический журнал*. 2011. № 6. Т. 33. С. 68–81.
55. Шедеменко І.П., Краковська С.В., Гнатюк Н.В. Верифікація даних Європейської бази E-OBS щодо приземної температури повітря та кількості опадів у адміністративних областях України. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип.262. С. 36–48.
56. Волощук В.М. Введение в гидродинамику грубодисперсных аэрозолей. Л.: Гидрометеоиздат. 1971. 270 с.
57. Волощук В.М., Седунов Ю.С. Процессы коагуляции в дисперсных системах. Л.: Гидрометеоиздат. 1975. 320 с.
58. Волощук В.М. Кинетическая теория коагуляции. Л.: Гидрометеоиздат. 1984. 283 с.
59. Волощук В.М. Аналитическое решение диффузионной задачи для атмосферной примеси. *Метеорологія і гідрологія*. 1991. №11. С. 5–15.
60. Волощук В.М., Куприянчук В.И., Лев Т.К. О параметризации вертикального турбулентного обмена в пограничном слое атмосферы. *Метеорологія і гідрологія*. 1992. № 3. С. 5–15.
61. Voloshchuk V.M., Shkvorets O.Y. Possible influence of meteorological conditions and changes aerosol source parameters on the spot structure formation of ground radioactive contamination. *J. Aerosol Sci.* 1993. Vol. 24 (1). P. 531.
62. Волощук В.М., Скриник О.Я. Параметризация турбулентной диффузии газо-аэрозольной примеси в атмосфере на основе уравнения Фоккера-Планка. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 7–18.
63. Волощук В.М., Бойченко С.Г., Степаненко С.М. та ін. Глобальне потепління і клімат України: Регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. К., 2002. 116 с.
64. Волощук В.М., Скриник О.Я., Грицюк Ю.Я. Механізм формування крупномасштабної "плямовидної" структури забруднення підстилаючої поверхні потужним газо-аерозольним викидом в нижній частині атмосфери. *Доповіді НАНУ*. 2007. № 4. С. 115–120.
65. Скриник О.Я., Грицюк Ю.Я. Механізм формування крупномасштабної "плямовидної" структури забруднення місцевості потужним газо-аерозольним викидом в граничному шарі атмосфери. *Геофізичний журнал*. 2007. Т. 29. № 4. С. 191–198.
66. Скриник О.Я. Дослідження формування плямистості забруднення місцевості потужним висотним фінітним джерелом на основі простих аналітичних моделей атмосферної дифузії. *Геофізичний журнал*. 2010. Т. 32. № 3. С. 86–92.
67. Skrynyk O. Y., Chernysh R. I., Hrytsyuk Y. Y. Formation of a large scale spot-like structure of the total deposition due to a powerful elevated finite source. *Advances in Science and Research*. 2010. V.4. P. 37–41.
68. Скриник О.Я. Особливості формування крупномасштабного плямистого забруднення місцевості точковим миттєвим джерелом. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип. 263. С. 8–12.
69. Giajotti D., Oshurok D., Skrynyk O. The Chernobyl nuclear accident Cs-137 cumulative depositions simulated by means of the CALMET/CALPUFF modelling system. *Atmospheric*

- Pollution Research*. 2018. Vol. 9 (3). P. 502–512. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.11.007>
70. Skrynyk O., Voloshchuk V., Budak I., Bubin S. Regional HYSPLIT simulation of atmospheric transport and deposition of the Chernobyl ¹³⁷Cs releases. *Atmospheric Pollution Research*. 2019. Vol. 10(6). P. 1953–1963. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.09.001>
71. Bezyk Y., Oshurok D., Dorodnikov M., Sówka I. Evaluation of the CALPUFF model performance for the estimation of the urban ecosystem CO₂ flux. *Atmospheric Pollution Research*. 2021. Vol. 12 (3). P. 260–277. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.12.013>
72. Осадчий В.І., Скриник О.А., Скриник О.Я. Оцінка сучасного стану вітрових ресурсів Українських Карпат та їх зміни відносно базового кліматичного періоду. *Доповіді НАНУ*. 2015. № 8. С. 95–100.
73. Осадчий В.І., Скриник О.А., Ошурок Д.О., Скриник О.А. Оцінка вітроенергетичних ресурсів обмежених територій невеликих просторових масштабів із складним рельєфом. *Доповіді НАНУ*. 2017. № 5. С. 51–58, <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.05.51>
74. Ошурок Д.О., Скриник О.Я. Приведення даних вимірювань швидкості вітру до умов відкритої місцевості. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 4 (55). С. 131–139.
75. Осадчий В.І., Скриник О.А., Скриник О.Я. Вплив неоднорідності часових рядів температури повітря на оцінку кліматичних змін. *Доповіді НАНУ*. 2017. № 7. С. 43–50, doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.07.043>
76. Osadchyi V., Skrynyk O., Radchenko R., Skrynyk O. Homogenization of Ukrainian air temperature data. *Int. J. Climatol.* 2018. Vol. 38 (1). P. 497–505. <https://doi.org/10.1002/joc.5191>
77. Skrynyk O., Aguilar E., Skrynyk O. et al. Quality control and homogenization of monthly extreme air temperature of Ukraine. *Int. J. Climatol.* 2019. Vol. 39 (4). P. 2071–2079. <https://doi.org/10.1002/joc.5934>
78. Skrynyk O., Aguilar E., Guijarro J. et al. Uncertainty evaluation of Climatol's adjustment algorithm applied to daily air temperature time series. *International Journal of Climatology*. 2021a. Vol. 41 (S1). E2395–E2419. <https://doi.org/10.1002/joc.6854>
79. Skrynyk O.Y., Luterbacher J., Allan R. et al. (2021b). Ukrainian early (pre-1850) historical weather observations. *Geoscience Data Journal*. 2021b. Vol. 8 (1), P. 55–73. <https://doi.org/10.1002/gdj3.108>



КЛІМАТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ

В. Мартазінова, С. Пясецька

З 1998 року у складі Українського гідрометеорологічного інституту існує відділ кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди (КДДПП). Від початку створення і по теперішній час його очолює доктор фіз.-мат. наук, професор **Мартазінова Вазіра Файзулівна**.

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ВІДДІЛУ КДДПП

- Наукові дослідження, науково-методичні та дослідно-оперативні роботи.
 - Розроблення сценарію та моделей глобального і регіонального клімату.
 - Розроблення методів середньострокового та довгострокового прогнозування клімату України.
 - Вивчення фізичних механізмів та закономірностей впливу кліматоутворюючих факторів і умов, атмосферних явищ, у тому числі стихійних метеорологічних явищ погоди в Україні на діяльність різних галузей економіки.
 - Вивчення процесів генезису зміни клімату і закономірностей просторово-часової структури полів метеорологічних величин, атмосферних явищ, у тому числі стихійних метеорологічних явищ погоди, їх зміни у природних зонах України.
 - Вивчення мікроклімату в умовах різних природних та антропогенно-змінених ландшафтів, які перебувають у постійній взаємодії.
 - Дослідження впливу зміни клімату на діяльність людини.
 - Дослідження впливу клімату на діяльність людини.
 - Розроблення системи кліматичного моніторингу, створення банків кліматичних даних.
- праць інституту, статей, атласів, довідників, посібників, методичних вказівок, рекомендацій і т.ін.
- Розробляє за результатами власних досліджень і відповідних даних методи опрацювання і узагальнення кліматологічної інформації.
 - Формує цільові програми сценаріїв і моделей глобального і регіонального клімату, мінливості та змін клімату, впливу клімату на різні галузі народного господарства. Здійснює координацію науково-дослідних робіт з довгострокового прогнозу погоди та змін клімату з організаціями і установами України та зарубіжних країн за дорученням Державної служби України з надзвичайних ситуацій і НАН України.
 - Організовує проведення дискусій з наукових питань прогнозу погоди та змін клімату за дорученням дирекції інституту.
 - Здійснює популяризацію і пропаганду досягнень кліматичної науки.
 - Здійснює підвищення науково-технічної кваліфікації співробітників, керівництво дипломною і виробничою практикою студентів, участь у підготовці наукових кадрів через аспірантуру, здобуття наукового ступеня, спеціальні курси.
 - Здійснює впровадження завершених наукових і методичних робіт, консультує виробничі та оперативні установи з питань довгострокового прогнозу погоди та змін клімату.
 - Проводить консультації представників інших організацій з основних питань діяльності відділу.
 - Взаємодіє з організаціями НАН України у питаннях довгострокового прогнозу погоди та змін клімату, бере участь у відповідних науково-технічних конференціях, семінарах, нарадах.

ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ ВІДДІЛУ КДДПП

- Виконує самостійно або разом з іншими відділами, організаціями, установами теоретичні прогностичні та кліматичні дослідження, розробляє пропозиції щодо основних напрямів подальшого розвитку досліджень, готує рекомендації щодо практичного використання результатів виконаних робіт, сприяє їх впровадженню.
- Узагальнює результати власних теоретичних досліджень із урахуванням вітчизняних і зарубіжних досягнень, готує їх до друку у вигляді монографій,

ПІДГОТОВКА НАУКОВИХ КАДРІВ У ВІДДІЛІ КДДПП

Під керівництвом зав. відділу д.фіз.-мат.н., професора Мартазінової В.Ф. з 2000 р. років було захищено 6 дисертацій на здобуття звання наукового ступеня кандидата географічних наук:

- **Т.О. Сverdлик** — 2000 р.;
- **В.В. Остапчук** — 2002 р.;
- **О.К. Іванова** — 2008 р.;
- **Д.Ю. Чайка** — 2008 р.;
- **С.В. Клок** — 2013 р.;
- **О.А. Щеглов** — 2020 р.

У січні 2016 р. під керівництвом д.фіз.-мат.н., професора Мартазінової В.Ф. підготовлено та успішно захищено дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук **В.Є. Тимофєєвим** за темою — “Циркуляція атмосфери Південної полярної області у період глобальної зміни клімату і методи довгострокового прогнозу погоди а районі Антарктичного півострова”.

ПУБЛІКАЦІЇ ВІДДІЛУ, ПОПУЛЯРИЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Протягом останніх десятиріччів у відділі кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди співробітниками відділу створено та видано низку праць міжнародних конференцій та монографій, а саме:

1. Проблемы и достижения долгосрочного метеорологического прогнозирования. Труды научно-семинара НАН Украины и Российского фонда фундаментальных исследований, 5–7 октября 2011, К.: Вид-во: Ніка-Центр. 179 с.

2. Сучасний клімат Київської області [Монографія] / За ред. В. Ф. Мартазінової, О.К. Іванової. 2010. Київ. 69 с.



3. Атмосферная циркуляция южной полярной области и климат Антарктического полуострова [Монографія] / Под ред. В.Ф. Мартазінової, В.Є. Тимофєєва, Е.К. Іванової. 2010. К.: 91 с.

4. Стихії метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1968–2005 рр.) [Монографія] / За ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. 2006. К.: Вид-во Ніка центр. 311 с.

5. Клімат України [Монографія] / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко, 2003, К.: Вид-во Раєвського. 343 с.

6. Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату [Монографія] / За ред. В.І. Осадчого, Бабіченко, 2010. К.: Вид-во Ніка-Центр. 303 с.

7. Клімат Києва [Монографія] / За ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во Ніка-Центр. 319 с.

8. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спо-

стережень [Монографія] / За ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко, Ю.Б. Набиванця, О.Я. Скринника, 2013. К.: Вид-во Ніка центр. 307 с.

9. Національний атлас України. К.: 2007. Вид-во Державне науково-виробниче підприємство “Картографія”. 435 с.

На тепер у відділі науковими напрямки є дослідження з циркуляції атмосфери над північною півкулею (Атлантико-Європейський сектор), визначення сучасної циркуляції атмосфери та погодних явищ, які з нею пов’язані (виникнення посух на території України та інших небезпечних явищ), адаптація чисельних моделей короткострокового прогнозу (WRF) для території України, зміна радіаційного балансу та її складових на території України, протягом останнього періоду зміни клімату, дослідження сучасного стану виникнення та розповсюдження ожеледо-паморозевих відкладень, зміни у температурному режимі повтря та зволоження, а також їх тенденції.

НАУКОВІ СПІВРОБІТНИКИ ВІДДІЛУ ТА СФЕРА ЇХ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Завідувачка відділу, д. фіз.-мат. н., професор **Мартазінова Вазіра Файзулівна**, працює у УкрГМІ з 1975 р.

Доктор фізико-математичних наук, професор В.Ф. Мартазінова є відомим у світі вченим у галузі метеорології. Її наукові дослідження охоплюють велике коло фундаментальних проблем метеорології та змін клімату, до якого входять:

- загальна циркуляція атмосфери: її минулий, сучасний і майбутній стан;
- побудова фізико-статистичної моделі довгострокового деталізованого прогнозу погоди та прогнозу зміни регіонального клімату в Україні;



Зав. відділу кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди, доктор фіз.-мат. наук, професор **Мартазінова Вазіра Файзулівна**



На фото зліва направо: завлаб. кліматичних досліджень, д. геогр. н. Тимофєєв В.Є., зав. відділом кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди, д.фіз.-мат.н., проф. Мартазінова В.Ф., к.геогр.н., ст.н.с. Іванова О.К., Вайзберг П., м.н.с. Шандра О.В., — в складі експедиції в Українських Карпатах у межах виконання дослідження CRDF щодо динаміки клімату та верхньої межі лісу в Карпатах у XX ст.

- дослідження синоптичних процесів, погодних умов та стану озонового шару над Антарктикою в період глобального потепління.

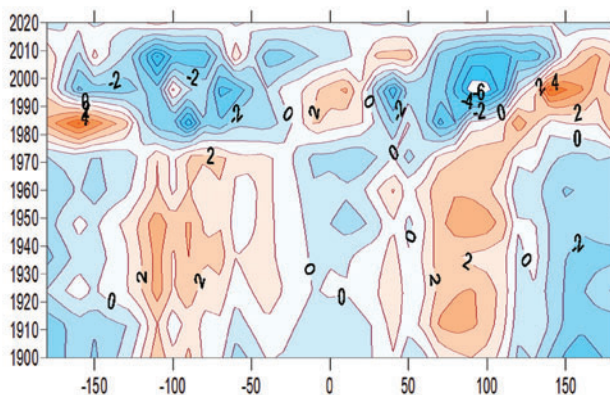
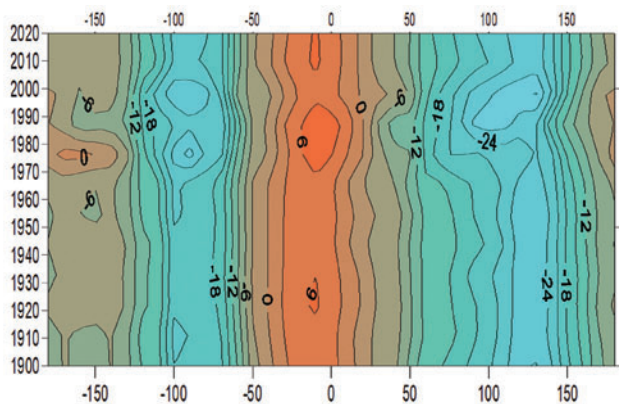
Новий підхід, розроблений професором Мартазіною в 1986–2000 рр. щодо визначення аналогічності атмосферних процесів, дозволив зняти традиційні вимоги аналогічності процесів на одній і тій же території. Такий підхід отримав назву методу “плаваючого аналога”. За допомогою методу плаваючого аналога вперше виявлено квазіперіодичність атмосферних процесів з періодом близько двох місяців протягом усього року, яку не можна було виявити традиційним методом відбору аналога. На основі розробленого підходу в роботах

проф. Мартазінової розвинуто оригінальні фізико-статистичні методи довгострокового прогнозу завчасністю 2 місяці, які не мають аналогів у світі. Протягом 2002–2016 р. В. Ф. Мартазінова є науковим керівником Державної програми по гідрометеорологічних дослідженнях в Антарктиді та забезпеченні науково-технічної гідрометеорологічної діяльності на антарктичній станції “Академік Вернадський”. Її дослідження охоплюють розробку методів довгострокового прогнозування озонового шару та дослідження змін клімату над Антарктикою. Професор В.Ф. Мартазінова входить до складу науково-технічної ради Державної програми проведення досліджень в Антарктиці.

Результати робіт В.Ф. Мартазінової широко висвітлено в провідних наукових журналах і в кількох монографіях. Вони представлялися на національних і міжнародних науково-технічних конференціях та симпозиумах. Науковий доробок В.Ф. Мартазінової становить понад 185 наукових праць, у тому числі 2 монографії та розділи в 6 монографіях. Вона створила свою наукову школу довгострокового прогнозу погоди і кліматичних досліджень, вихованці якої працюють в різних країнах світу. Серед учнів В.Ф. Мартазінової — один доктор і 7 кандидатів наук. В.Ф. Мартазінова — науковий керівник НДР та ДНП в Українському гідрометеорологічному інституті.

Науковий авторитет В.Ф. Мартазінової визнаний у світі. Вона була експертом атмосферних наук і експертом по кліматичних дослідженнях Всесвітньої Метеорологічної Організації з 1993 р. до 2011 р. З 2015 по теперішній час проф. Мартазінова є членом міжнародного комітету з присудження премії **Tinker Muse-Prize** — найвищої міжнародної премії в галузі антарктичних досліджень.

Науково-педагогічна діяльність В.Ф. Мартазінової, разом з підготовкою аспірантів та докторантів в Українському гідрометеорологічному інституті,



Відхилення полів температури Північної півкулі десятиліть періоду 1880–2020 рр. від середньо-вікового значення XX століття

включала викладацьку діяльність на географічно-му факультеті Київського національного університету ім.Т.Шевченка, де вона працювала на посаді професора на умовах сумісництва з 2003 до 2015 роки, вела курси лекцій та здійснювала керівництво дипломними роботами магістрів. Високий рівень навчально-методичної роботи Мартазінової В.Ф. відзначено запрошеннями читати курси лекцій з клімату і довгострокового прогнозу погоди студентам та викладачам Лодзинського університету (Польща, 1994 р.), Саратовського університету (Росія, 1997, 2003 рр.) та в Тихоокеанському центрі клімату(Південна Корея, 2006 р.).

Професор Мартазінова багато років була експертом ВАК України, членом спеціалізованої вченої ради географічного факультету Київського національного університету ім.Т.Шевченка, Одеського державного екологічного університету та Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України. Вона є керівником Секції метеорології Ученої ради УкрГМІ. За час діяльності в інституті нею опубліковано 192 наукові роботи (96 — статей, 4 монографій, 92 — тез конференцій у тому числі міжнародних).

Характерною особливістю професора Мартазінової В.Ф. є поєднання високого наукового рівня фундаментальних досліджень із доведенням результатів до їх практичного впровадження. Розроблений В.Ф. Мартазіною метод “полів-еталонів” знайшов широке використання в прогнозуванні різких змін погодних умов усередині місяця для території України та прилеглих до неї територій та в дослідженнях синоптичної кліматології.

Методи довгострокового прогнозу погоди на місяць та сезон, розроблені В.Ф. Мартазіною, протягом останніх десяти років використовуються Гідрометслужбою України для обслуговування керівних органів держави і різних галузей економіки Під її керівництвом виконувались міжнародні науково-дослідні роботи, зокрема CRDF “Динаміка клімату та межі лісів у Карпатах”.

Професор Мартазінова В.Ф. за плідну наукову працю нагороджена наступними відзнаками:

1. Почесний працівник Гідрометслужби України від 22.03.2000 р.

2. Почесна грамота Кабінету Міністрів України від 30 жовтня 2013 р..

3. Подяка Президії Національної академії наук України від 13 листопада 2013 р

4. Почесна грамота Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 4 листопада 2016 р.

5. Ювілейна медаль НАНУ і МОН “20 років Антарктичній станції “Академік Вернадський” від жовтня 2016 р.

Старший науковий співробітник, кандидат геогр. наук **Рибченко Людмила Степанівна**, працює в УкрГМІ з 1964 р. Фахівець у галузі сонячної радіації та мікроклімату. Зараз сфера наукових інтересів полягає в оцінці змін радіаційного режиму протягом останніх 40–50 років на території України в умовах зміни клімату. Основні напрями її досліджень: кліматологія, дослідження сонячної радіації в Україні, зокрема тривалості сонячного сяйва, прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації, альbedo та радіаційного балансу підстильної поверхні, мікрокліматичні особливості міста, радіаційний режим в умовах інтенсивних засух, геліоенергетичні ресурси України, зміна клімату, ФАР. Є співавтором НДР “Разработка и внедрение метода контроля состояния природной среды в районе АЭС”, яка удостоєна диплома III ступеня Міненерго УРСР. У 2002-2003 рр. приймала участь у складанні кліматичних карт для “Національного атласу України”. Станом на тепер нею опубліковано 81 наукова робота, подано 27 тез на конференції, а також вона є співавтором у 9 колективних монографіях.

До складу відділу входить **лабораторія кліматичних досліджень**. Завідувач лабораторії, д. геогр. н. **Тимофєєв Владислав Євгенійович**, працює в УкрГМІ з 2006 р. З 1993 р. кандидат географічних наук, з 2001 р. доцент, а з 2016 р. доктор географічних наук, Кілька разів приймав участь в Українських антарктичних експедиціях на станції “Академік Вернадський” (I, IV, XVI експедиції) у якості метеоролога-дослідника. Напрямок наукової діяльності — клімат та атмосферна циркуляція Південної



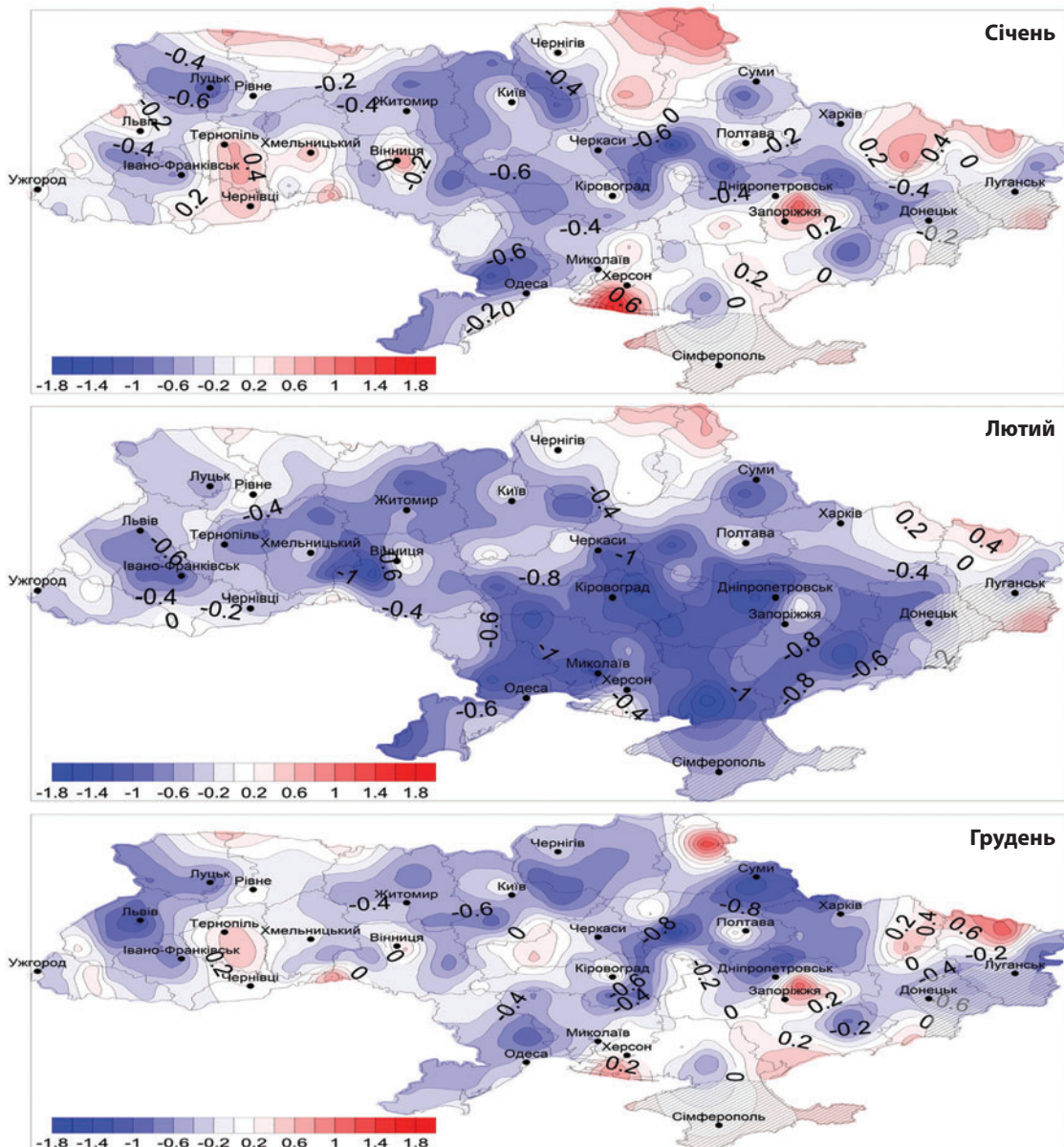
На фото зліва направо: зав. лаб. кліматичних досліджень, д. геогр. н. Тимофєєв В.Є. на шляху до Антарктичного півострова; на тлі станції “Академік Вернадський”; пінгвіни Папуа на тлі ММК “Тропосфера”, встановленого у 2011 р.

півкулі (Антарктичний півострів, станція “Академік Вернадський”) та адаптація чисельних моделей короткострокового прогнозу (WRF) для території України.

Результати дослідження з клімату та атмосферної циркуляції на станції “Академік Вернадський” опубліковано ним у відповідній монографії (“Атмосферная циркуляція южной полярної області и климат Антарктического полуострова”). Займається викладацькою діяльністю. У березні 2016 р. Тимофеєву В.Є. було вручено почесний нагрудний відомчий знак НАНЦ “Україна в Антарктиці —

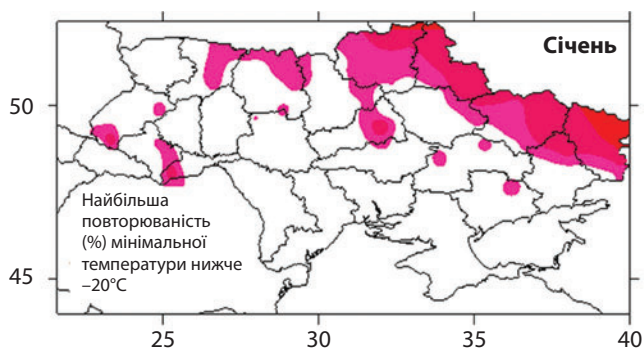
20 років” та відомчий знак НАНЦ “Учасник Антарктичної експедиції”. Протягом 2016–2018 рр був членом Спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 Київського національного університету ім. Тараса Шевченка за спеціальностями 11.00.07 та 11.00.09. Натепер ним опубліковано 51 наукову роботу, 1 монографію та подано 57 тез на конференції, у тому числі міжнародні. Займається викладацькою діяльністю в Київському Національному університеті імені Тараса Шевченка.

Старший науковий співробітник, к. геогр н. **Пясецька Світлана Іванівна** працює в інституті



Просторово-часовий розподіл середньої кількості випадків відкладень ожеледі у зимові місяці протягом 1991–2020 рр. відносно 1961–1990 рр.

з січня 1984 р., з 2004 р. кандидат географічних наук. З 1984 по 2008 рр. працювала у відділі фізики атмосфери на посаді наукоаого, а потім старшого наукового співробітницата займалась дослідженням просторово часового розповсюдження та особливостей випадання опадів у холодний період року в Криму з метою штучного збільшення опадів. У відділі кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди працює з 2009 року на посаді старшого наукового співробітника. Натепер сфера її наукових інтересів полягає у дослідженні ожеледо-паморозових відкладень, зокрема ожеледі на території України та динаміки їх розповсюдження. Протягом останнього часу нею було визначено сучасний стан розповсюдження відкладень ожеледі та її динаміка на території України для встановлення кліматовразливих регіонів натепер та у майбутньому. Нею встановлено розміщення сучасних кліматовразливих регіонів від відкладень ожеледі. Для прикладу на рисунку подана карта на якій відображено динаміку розповсюдження середньої кількості відкладень ожеледі протягом останніх 30-ти років (1991–2020 рр.) порівняно із періодом 1961–1990 рр. для січня, лютого та грудня та визначено кліматовразливі території від цих видів відкладень. Станом на тепер нею опубліковано 72 стат-



Райони України найбільш чутливі до стихійних погодних умов (мінімальної температури нижче -20°C), 1991–2014 рр.

ті, прийнято участь у 36 наукових конференціях з міжнародною усястю в Україні та за кордоном, опубліковано матеріали у 6 колективних монографіях по лінії наукового співробітництва України та країн ЄС.

Старший науковий співробітник, к. геогр. н. **Клок Сергій Володимирович**, працює в УкрГМІ з 2009 р., з 2013 р. на посаді старшого наукового співробітника у відділі кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди. Натепер сфера його наукових інтересів — дослідження термічного режиму України (мінімальна температура, заморозки), а та-



На фото зліва направо співробітники відділу:

- 1 ряд — д.геогр.н., зав. лаб. кліматичних досліджень Тимофеев В.Є., н.с. Артеменко В.А.;
 2 ряд — пров. інж. Корж Т.В., м.н.с. Татарчук О.Г., н.с. Савчук С.В., к.геогр.н., ст. н.с. Пясецька С.І., м.н.с. Гребенюк Н.П.,
 зав. відділу д.ф.-м.н., проф. Мартазінова В.Ф., к.геогр.н., ст. н.с. Іванова О.К., пров.інж. Гущина Л.М.,
 пров.інж. Козленко І.Л., к.геогр.н., пров. н.с. Бабіченко В.М., к.геогр.н., ст. н.с. Рибченко Л.С.

кож дослідження клімату Антарктичного півострова в районі станції "Академік Вернадський". Декілька разів приймав участь у роботі Українських антарктичних експедицій (VI та XI) у якості метеоролога-дослідника. На тепер у його творчому доробку 47 наукових друкованих праць.

Науковий співробітник **Савчук Світлана Валентинівна**, працює у УкрГМІ з 2002 р. Закінчила аспірантуру КНУ імені Тараса Шевченка у 2001 р. Проводить дослідження: добової температури повітря (середня, максимальна, мінімальна), міждобової мінливості температури повітря, з визначення кліматовразливих районів за окремими метеорологічними величинами, окремих параметрів радіаційного режиму (тривалість сонячного сьйва, пряма, розсіяна та сумарна сонячна радіація, альbedo та радіаційний балас підстильної поверхні), мікрокліматичних особливостей міста, радіаційного режиму в умовах інтенсивних засух, геліоенергетичних ресурсів України, зміни клімату, ФАР, окремих видів стихійних явищ. Є секретарем семінару відділу та секретарем секції метеорології Вченої ради інсти-

туту. На тепер опубліковано 21 наукових статей, 4 матеріали в атласі та монографіях, 37 матеріалів і тез конференцій.

Молодший науковий співробітник **Гребенюк Надія Петрівна**, працює у УкрГМІ з 1973 р. На тепер працює під керівництвом ст.н. с,к.геогр.н. Пясецької С.І. займається дослідженням ожеледо-паморезевих відкладень на території України, виявленням найбільш вразливих регіонів. Приймала участь у підготовці 4 монографій. У її доробку 36 наукових друкованих праць.

Молодший науковий співробітник **Татарчук Ольга Гаврилівна**, працює в УкрГМІ з 1972 р. На тепер працює під керівництвом д. геогр. н Тимофєєва В.Е., займається дослідженням особливостей розподілу та повторюваності сильних снігопадів на території України на сучасному етапі зміни клімату, а також літніх процесів, які супроводжуються випадінням граду та сильних опадів. За час роботи в інституті приймала участь у підготовці 4 монографій, має 35 наукових друкованих праць.



ПРИКЛАДНА МЕТЕОРОЛОГІЯ ТА КЛІМАТОЛОГІЯ

В. Балабух

Науково-дослідний відділ прикладної метеорології та кліматології (ВПМК) створено у складі Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України у 2018 році. ВПМК є правонаступником відділу синоптичної метеорології, який засновано у 1953 році та відділу чисельних і синоптичних досліджень. Протягом своєї майже 70 літньої історії він був і залишається одним із найбільш значимих науково-методичних підрозділів в області синоптичної метеорології, динамічної метеорології, прикладної метеорології та кліматології. Науковцями відділу було виконано більше 100 робіт лише по регіональній синоптиці, які стали методичною базою прогнозування погоди та клімату з різною завчасністю як в Україні так і в сусідніх державах.

Основними напрямками діяльності відділу прикладної метеорології та кліматології є проведення науково-дослідних робіт, науково-експертна та консультативна діяльність, провадження інноваційної та інтеграційної діяльності в галузі метеорології та кліматології, сприяння підготовці студентів і аспірантів, міжнародне наукове співробітництво

Проведення науково-дослідних робіт передбачає, зокрема:

- дослідження метеорологічних умов, атмосферних явищ і процесів, їх впливу на людину, різні види її діяльності, господарські об'єкти та навколишнє середовище;
- виявлення та оцінка історичних, поточних та майбутніх регіональних проявів зміни клімату, небезпечних і стихійних метеорологічних явищ та атмосферних процесів, що їх зумовлюють, причинно-наслідкових механізмів цих змін, зокрема через антропогенну діяльність, зміну загальної циркуляції атмосфери, підстильної поверхні; впливу зміни клімату на економіку, навколишнє середовище, життєдіяльність людини;
- розроблення та вдосконалення методів аналізу і прогнозу небезпечних метеорологічних умов, явищ погоди та атмосферних процесів для території України; розвиток кліматичного обслуговування та нових видів спеціалізованих метеорологічних та кліматичних прогнозів за різними сценаріями як для всієї території України так і для окремих регіонів та галузей економіки.

При виконанні поставлених завдань науковцями відділу було розроблено математичну модель

та чисельний метод розв'язання диференціальних рівнянь регіональної моделі погоди, алгоритм і програмні засоби прогнозу погоди для окремих регіонів України. Побудовано модель конвекції, на основі потенційної нестійкості атмосфери, яка дозволяє враховувати вертикальний розподіл вологості оточуючого повітря, на відміну від загальноприйнятих методів частки і шару.

Розроблено технологію обробки метеорологічних даних станцій з одержанням метеорологічних щомісячників та щорічників та впроваджено її в роботу Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. Ця технологія забезпечує можливість автоматизованої підготовки метеорологічних щомісячників та щорічників. Вона включає засоби автоматизації введення та синтаксичного контролю даних метеорологічних станцій і постів та підготовки звітів, що відповідають формам таблиць метеорологічних щомісячників та щорічників, а також їхнє архівування для довгострокового зберігання та відновлення при необхідності.

Порівняльний аналіз прогностичних схем баричного поля провідних метеорологічних центрів дозволив визначити їхні переваги та недоліки для території України і розробити рекомендації по їхньому використанню для прогнозування гідрометеорологічних умов прогностичними підрозділами країни.

Результатом комплексних досліджень атмосферних процесів та умов формування сильних та дуже сильних дощів стала методика їхнього короткотермінового прогнозу, яка враховує особливості мезомасштабних процесів в регіонах України, термодинамічні чинники що впливають на інтенсифікацію опадів.

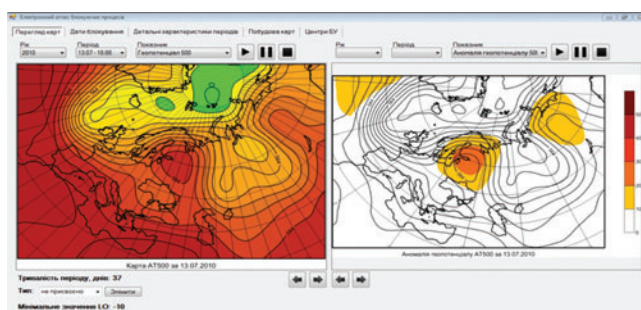
Запропоновано новий підхід до дослідження синоптичних процесів, що зумовлюють небезпечну і стихійну кількість опадів у теплий період, який полягає у тому, що синоптичні процеси розглядаються і оцінюються за допомогою кількісних критеріїв інтенсивності баричних систем синоптичного масштабу. Створено методику моніторингу інтенсивності баричних утворень та синоптичних процесів.

Розроблена методика об'єктивної ідентифікації баричних систем синоптичного масштабу, яка враховує термодинамічну індивідуальність повітряної маси, дозволила уточнити структуру барич-

ного поля, величину енергетики і вологовмісту атмосферних вихорів у теплий період, виявити їхні особливості при різних синоптичних процесах, що зумовлюють небезпечну і стихійну кількість опадів у регіонах України, дослідити їхню періодичність і міжрічну мінливість наприкінці ХХ – на початку ХХІ ст. та встановити їхній вплив на повторюваність та інтенсивність небезпечних і стихійних опадів в Україні.

Дослідження процесів циклогенезу та фронтогенезу на території України дозволили визначити співвідношення між повітряними масами і фронтальними зонами і, відповідно, між внутрішньомасовими і фронтальними опадами в Україні у теплий період, виявити їхню залежність від синоптичного процесу та динаміку. Встановлено особливості циклонічної діяльності у теплий період наприкінці ХХ та на початку ХХІ ст. (регіони виникнення, територіальну локалізацію траєкторій, повторюваність, швидкість переміщення та глибину), як у цілому в Україні, так і в її регіонах. Розроблена методика дослідження траєкторій та територіальної локалізації циклонів, дозволила отримати регіональні особливості траєкторій переміщення циклонів, зумовлених різними синоптичними процесами, їх основних характеристик (довжини, середньої швидкості та мінімального тиску) наприкінці ХХ та на початку ХХІ ст. Виявлена зміна траєкторій циклонів у теплий період на початку ХХІ ст., свідчить про зміну положення центрів дії атмосфери і, відповідно, орієнтації осі вологообміну між Атлантичним океаном та Західною Європою

Розроблено методологію моніторингу за атмосферними процесами, що зумовлюють небезпечні і стихійні явища погоди, яка дозволяє не лише відстежувати їхній розвиток, а й оцінити зміну параметрів атмосферних процесів відносно їхніх середніх багаторічних значень у тропосфері. Технологія дозволяє отримати вертикальні розрізи атмосфери та оцінити нестійкість нижньої та середньої тропосфери, її зміну протягом певного періоду і, відповідно, уточнити критерії інтенсивності конвекції для території України та їхню динаміку.



Система кліматичного моніторингу та Електронний атлас блокувальних процесів

Виявлено особливості розвитку конвекції протягом теплого періоду в регіонах країни. Отримані дані систематизовано і узагальнено в Кліматичному кадастрі параметрів інтенсивності конвекції в Україні. Визначено кількісні критерії індексів нестійкості атмосфери за яких можуть виникати стихійні конвективні явища погоди в Україні: зливи, град, шквал, смерч. Ці дані дозволяють уточнити методики прогнозу небезпечних та стихійних конвективних явищ погоди, збільшити точність прогнозів та зменшити долю невизначеності при прогнозуванні типу явища.

Проведені дослідження блокувальних процесів дозволили уточнити сезонні особливості їхньої повторюваності, інтенсивності та тривалості в атлантичному та континентальному секторі першого природно-синоптичного регіону, їхню динаміку. впродовж 1971–2013 рр. Вперше для всіх областей України виявлено зв'язок між повторюваністю та тривалістю блокування західного перенесення повітряних мас у нижній і середній тропосфері в Євроазіатському секторі північної півкулі та повторюваністю екстремальних явищ погоди: засух, сильної спеки та морозу, сильних опадів, тривалості бездошового періоду, значних аномалій мінімальної, максимальної температури повітря та сум опадів. Виявлено регіони де найбільше проявляється вплив блокувальних процесів для кожного з цих явищ та встановлено сезонні особливості цього впливу. Встановлено, що на екстремальні явища погоди пов'язані з опадами, найбільше впливає наявність блокування у нижній тропосфері, особливо взимку. Екстремальні явища погоди, пов'язані з температурою, значною мірою зумовлені блокувальними процесами, що спостерігаються у середній тропосфері. Цей вплив найбільше проявляється влітку.

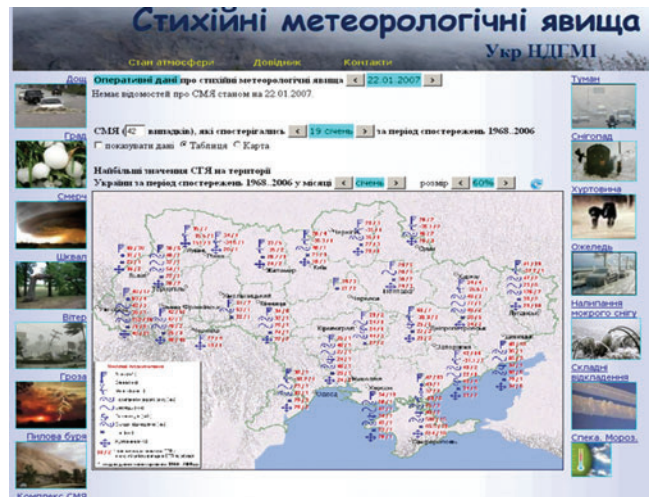
Вперше для всіх областей України визначено внесок блокувальних процесів у повторюваність екстремальних та небезпечних погодних умов, проведено оцінку його зміни впродовж останніх десятиріч (1979–2013 рр.) та виявлено її регіональні і сезонні особливості. Встановлено інтенсивність та значущість цих змін, регіони де вплив блокувальних процесів на їх формування суттєво змінюється, виявлено їх особливості в холодний і теплий період. Для кожного регіону України визначено типові блокувальні процеси, що зумовлюють значні додатні і від'ємні добові аномалії температури повітря та опадів.

Отримані результати стали підґрунтям для розроблення методології кліматичного моніторингу блокувальних процесів, системи кліматичного моніторингу та Електронного атласу блокувальних про-

цесів, які дозволяють відстежувати сезонну і річну мінливість характеристик блокувальних процесів у Євразійському секторі Північної півкулі та отримати необхідну інформаційно-методичну основу для оцінки їхнього масштабу та просторової локалізації, аналізу умов формування та руйнування, локалізації екстремальних погодних умов в Україні. В атласі представлено інформацію про 459 випадки блокувальних процесів з 1979 по 2013 р.

Проведено узагальнення та систематизацію інформації про небезпечні та стихійні явища погоди та макро- і мезомасштабні синоптичні процеси в Україні, що їх зумовлюють. Встановлено залежність між кількісними характеристиками макро- та мезомасштабних синоптичних процесів та повторюваністю, інтенсивністю небезпечних і стихійних явищ погоди: сильних снігопадів, налипання мокрого снігу, складних відкладень, ожеледі, хуртовини, пилової бурі, вітру, шквалу, смерчу, дощу, зливи, граду. Аналіз сезонної і міжрічної мінливості повторюваності та інтенсивності цих явищ в Україні дозволив виявити тенденції до їхньої зміни протягом останніх десятиріч, зокрема зростання повторюваності та інтенсивності конвективних явищ погоди і зменшення — явищ пов'язаних з вітром. Зростає також частота та інтенсивність сильних опадів: дощів та снігопадів, збільшується внесок сильних дощів у суму опадів теплої періоду та, відповідно, річну суму У холодний період спостерігається зростання частоти налипання мокрого снігу та складних відкладень, що значною мірою зумовлено підвищенням температури. Встановлено що ці зміни зумовлені зміною циркуляції атмосфери та синоптичних процесів.

Отримані в процесі дослідження дані про небезпечні і стихійні метеорологічні явища в Україні та процеси що їх зумовлюють стали основою для розроблення автоматизованої інформаційно-довідкової системи (ІДС) "Стихійні метеорологічні явища



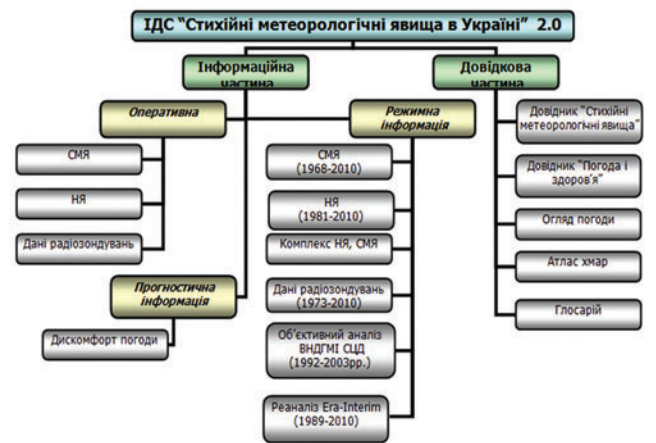
Інформаційно-довідкова система "Стихійні метеорологічні явища в Україні"

в Україні", яка призначена для зберігання і комплексної обробки (критичний контроль, статистичні характеристики, просторово-часовий аналіз) багаторічних даних спостережень за небезпечними та стихійними метеорологічними явищами погоди та атмосферними процесами, що їх зумовлюють, в Україні та її регіонах. ІДС дозволяє отримати необхідну інформаційно-методичну основу для проектних розробок та їх експертизи з позиції адаптивного природокористування, оцінки пріоритетності і можливої ефективності інвестицій, обґрунтування і планування господарської діяльності, попередження та запобігання надзвичайним ситуаціям

Інформаційна система дозволяє провести комплексні дослідження стану атмосфери, умов формування небезпечних та стихійних явищ погоди, виявити їхні регіональні особливості та тенденції розвитку, створити необхідну інформаційно-методичну основу для розробки методик їхнього прогнозу. Розроблені технології дозволяють отримати



Призначення та структура інформаційно-довідкової системи "Стихійні метеорологічні явища в Україні"



кількісні характеристики атмосфери і небезпечних та стихійних явищ погоди, візуалізувати отримані результати у вигляді карт, графіків, аерологічних діаграм, підготувати режимно-довідкові матеріали, зокрема "Огляд погоди" за вказаний проміжок часу..

Зміна клімату є значною загрозою для сталого розвитку України. У цих умовах дуже важлива самостійність в оцінках та висновках, отриманих на основі повної, об'єктивної і достовірної інформації про сучасні і можливі в майбутньому кліматичні зміни, про їхні наслідки для України та інших країн. Протягом останнього десятиріччя у відділі активно проводяться **дослідження зміни клімату, оцінка напрямку та значущості виявлених регіональних змін та їхнього впливу на стан природного середовища, економіку країни, життєдіяльність людини.**

Науковцями відділу розроблено методикау та проведено верифікацію регіональних кліматичних моделей щодо середніх багаторічних значень характеристик термічного режиму, зволоження та вітру в Україні, виявлено оптимальні ансамблі РКМ для різних кліматичних показників, проведено оцінку сучасного стану кліматичної системи України та можливі зміни її параметрів на середньо — та довгострокову перспективу для сценаріїв SRESS та RCP.

Вперше для усіх областей України та країни загалом проведено комплексну оцінку сучасного стану кліматичної системи: визначено кліматичну норму метеорологічних показників термічного режиму, режиму зволоження, вітру та агрокліматичних характеристик вирощування сільськогосподарських культур у кліматичний період 1981–2010 рр. та встановлено швидкість, напрям, значущість і достовірність їхньої зміни у цей період., проведено

оцінку зміни кліматичної норми 1981–2010 та 1991–2020 рр. відносно 1961–1990 рр.

Для усіх областей України та країни загалом побудовано проєкції зміни стану кліматичної системи в Україні до середини XXI ст. (2021–2050 рр) відносно кліматичного періоду 1981–2010 рр., та вперше проведено оцінку значимості і достовірності ймовірної зміни кліматичної норми показників за сценарію A1B, оцінку можливого стану кліматичної системи та ймовірну кліматичну норму метеорологічних показників термічного режиму, режиму зволоження, вітру та агрокліматичних характеристик вирощування сільськогосподарських культур в середині XXI ст. (2021–2050рр) за сценарію SRESS A1B. Виявлено регіони, де спостерігаються і очікуються в майбутньому найбільш значущі зміни цих характеристик в Україні та встановлено їхні сезонні особливості.

Систематизовані та узагальнені результати досліджень зміни клімату в Україні представлено в електронному атласі "Фактичні та очікувані зміни клімату в Україні" у якому надано комплексну характеристику стану, фактичних та очікуваних змін клімату в регіонах України. В атласі для усіх областей України та країни загалом у графічному (близько 500 карт) та табличному вигляді представлено інформацію про стан, швидкість та значущість зміни майже 150 кліматичних та агрокліматичних показників у кліматичний період (1981–2010 рр.), проєкції їхньої зміни та її значущість до середин XXI століття для сценарію A1B та очікувані середні багаторічні значення у 2021–2050 рр.

Електронний атлас "Фактичні та очікувані зміни клімату в Україні", призначений для оцінки вразливості регіонів, областей, секторів економіки щодо зміни клімату, розробки стратегій та планів по адаптації до змін клімату як окремих регіонів так і галузей економіки. Електронний атлас дає змогу отримати необхідну інформаційно-методичну основу для оцінки пріоритетності і можливої ефективності інвестицій, обґрунтування і планування господарської діяльності, оцінки вразливості до зміни клімату регіонів, областей, територіальних громад, секторів економіки, прийняття управлінських рішень щодо забезпечення запобігання зміні клімату та адаптації до неї

Оновлено сценарії зміни регіонального клімату України до кінця XXI ст., зокрема: отримано кількісні показники термічного режиму та режиму зволоження з використанням ансамблів з 43 регіональних кліматичних моделей для трьох сценаріїв RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5 у три періоди майбутнього (2021–2040, 2041–2060, 2081–2100 рр.). Зміни проєкцій показників визначено відносно базового періоду 1991–2010 рр. За щоденними даними РКМ обчис-



Електронний атлас
"Фактичні та очікувані зміни клімату в Україні"

лено багаторічні середні місячні, сезонні та річні значення температури повітря та кількість опадів, їх зміна відносно базового періоду 1991–2010 рр., варіативність в межах України і довірчі інтервали за ансамблями РКМ, проаналізовано річний і добовий розмахи приземної температури повітря, континентальність, тепло- і вологозабезпеченість теплого сезону, гідротермічний індекс Воробйова та інші показники.

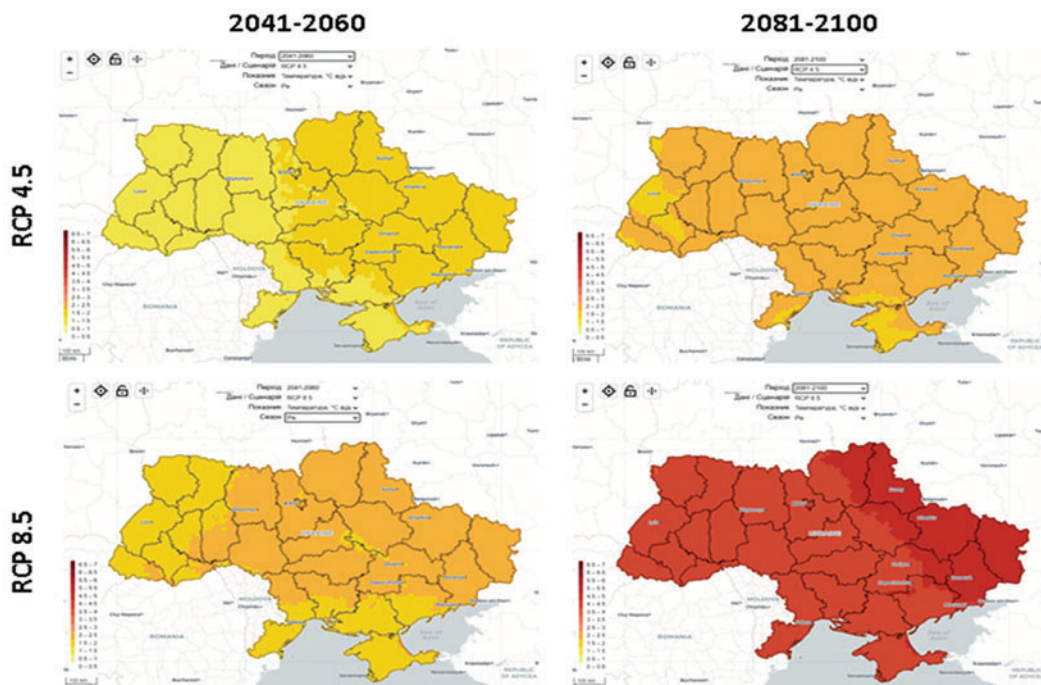
Розроблено веб-сайт з електронним атласом кліматичних характеристик в Україні з середини ХХ до кінця ХХІ ст. в якому візуалізовано 11 основних та спеціалізованих кліматичних показників для 5 кліматичних періодів за даними E-Obs та сценаріями RCP4.5 та RCP8.5, що в цілому складає 420 мап.

Важливим напрямком відділу прикладної метеорології та кліматології є **дослідження впливу метеорологічних та кліматичних умов на стан навколишнього середовища, життєдіяльність людини, галузі економіки.**

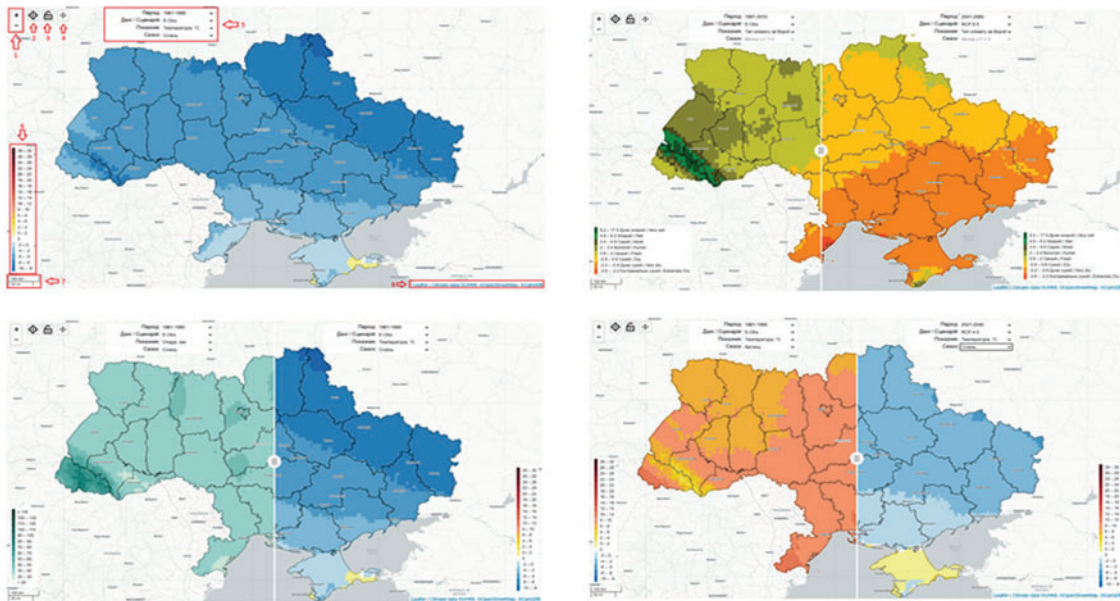
Проведені дослідження дозволили встановити вплив зміни кліматичних умов на виробничо-господарську діяльність транспорту України. Виявлено, показники які є найбільш чутливими до змін клімату та. регіони де цей вплив проявляється найбільше. Встановлено тенденції зміни протягом останніх десятиріч та визначено ймовірні зміни до середини ХХІ ст. кліматичних умов, екстремальних та небезпечних умов погоди, що впливають на енергетичну галузь України, сільське, лісове та рибне господар-

ство країни, водозабезпечення, водоспоживання та безпеку в басейні Дністра, Дніпра, стан водноболотних та лісових екосистем Полісся, агрокліматичні умови вирощування польових культур в різних кліматичних зонах України, особливості прояву регіональних змін клімату в Українських Карпатах, великих містах, окремих населених пунктах та громадах країни. Проведено оцінку зміни повторюваності та інтенсивності екстремальних явищ погоди, рекреаційного потенціалу та медико-кліматичних умов для окремих регіонів країни.

Аналіз кліматичних умов, що впливають на лісові пожежі дозволив виявити залежність кількості та площі лісових пожеж від кліматичних показників та їхньої зміни. Визначено особливості пірологокліматичних характеристик в районах оперативного реагування ДСНС України в природних екосистемах у 1981–2010 рр та отримано проєкції їхньої ймовірної зміни до середини ХХІ ст. (2021–2050 рр.) відносно цього періоду для збалансованого сценарію розвитку суспільства SRES A1B. Запропонований Інтегрований показник напруженості природної пожежної небезпеки дозволив виділити території найбільш вразливі до природних пожеж за кліматичними чинниками та провести пірологокліматичне районування території України. Виявлено особливості кліматичних умов, що сприяють виникненню лісових пожеж у зонах з різною напруженістю пожежної небезпеки. Для кожної зони розроблено регіональні шкали для оцінки класів пожежної небезпеки за метеорологічними умова-



Зміни середньої за рік температури повітря в Україні за сценаріїв RCP4.5 і RCP8.5



Фрагмент веб-сайту з електронним атласом кліматичних характеристик в Україні

ми. За результатами досліджень запропоновано комплексну методичку оцінки природної пожежної небезпеки, що включає в себе оцінку напруженості природної пожежної небезпеки території та оцінку класу і ступеню пожежної небезпеки за ре-

гіональними шкалами. Запропонована методика стала основою для розроблення автоматизованої системи кліматичного моніторингу за природною пожежною небезпекою, яка дозволяє отримати для кожного пункту за вказаний період дані про піроло-

КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ
РОЗПОРЯДЖЕННЯ
від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р
Київ

Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року

1. Схвалити такі, що додаються
Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року (далі - Стратегія);
Коригуваний план реалізації у 2022-2024 роках Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року

СХВАЛЕНО
розпорядженням Кабінету Міністрів України
від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р

СТРАТЕГІЯ
екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року

Приклади використання отриманої науковцями відділу інформації щодо зміни клімату

гічні характеристики клімату, ступінь напруженості природної пожежної небезпеки за умовами погоди, кількість днів з різним класом пожежної небезпеки як з врахуванням так і без врахування регіональних шкал, величини комплексних показників пожежної небезпеки та оцінити їхні можливі зміни до середини XXI століття для сценарію SRES A1B.

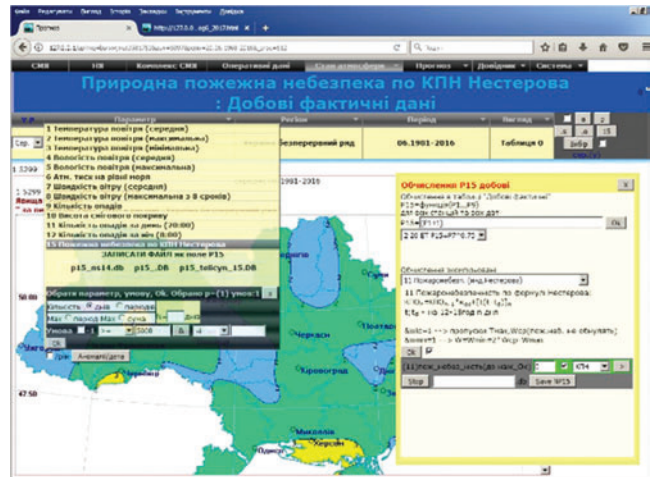
Розроблені технології та створені електронні бази даних дозволили вперше в Україні створити систему моніторингу зміни кліматичних умов, умов формування, повторюваності, інтенсивності та локалізації екстремальних та небезпечних явищ погоди, виявити регіони які є вразливими до зміни клімату і потребують проведення адаптаційних заходів, визначити найбільш небезпечні та сприятливі для проживання та інвестицій регіони в Україні.

Наукові результати фахівців відділу щодо оцінки фактичних та ймовірних змін клімату стали підґрунтям для оцінки вразливості до зміни клімату енергетики, сільського, лісового, рибного господарства, водно-болотних та лісових екосистем Полісся, річкових басейнів Дністра, Дніпра, Тиси та Прута, високогірних районів Українських Карпат, окремих регіонів та міст України. Вони дозволили науково обґрунтувати розроблення стратегій та планів адаптації до зміни клімату як окремих секторів економіки, так і регіонів.

Важливим напрямком дослідження відділу прикладної метеорології та кліматології є **розроблення спеціалізованих методів прогнозу небезпечних метеорологічних умов та явищ погоди**.

Розроблено та реалізовано методіку автоматизованого прогнозу комфортних/дискомфортних умов погоди в Україні (теплого навантаження на організм людини, тепловідчуття та втрат тепла людиною, суворості погоди, задухи та ін.) на базі чисельної моделі WRFv2.2.1. Розрахунок здійснюється як для території України в цілому, що дозволяє виділити зони комфорту/дискомфорту та їх динаміку, так і для кожного пункту спостережень.

Розроблена комплексна методика оцінки та прогнозування природної пожежної небезпеки за умов погоди дозволяє отримати оперативну та прогностичну (із завчасністю 72 години) інформацію про клас та ступінь природної пожежної небезпеки, особливості її формування, відстежувати у режимі реального часу розвиток та поширення природної пожежної небезпеки і насамперед, горимості лісу. Запропонована методика враховує місцеві кліматичні та фізико-географічні особливості території, водно-фізичні властивості ґрунтів, диференційовану кількість опадів та швидкість вітру, активність антропогенного чинника. На основі методики створено Автоматизовану систему моніторингу та прогнозу-



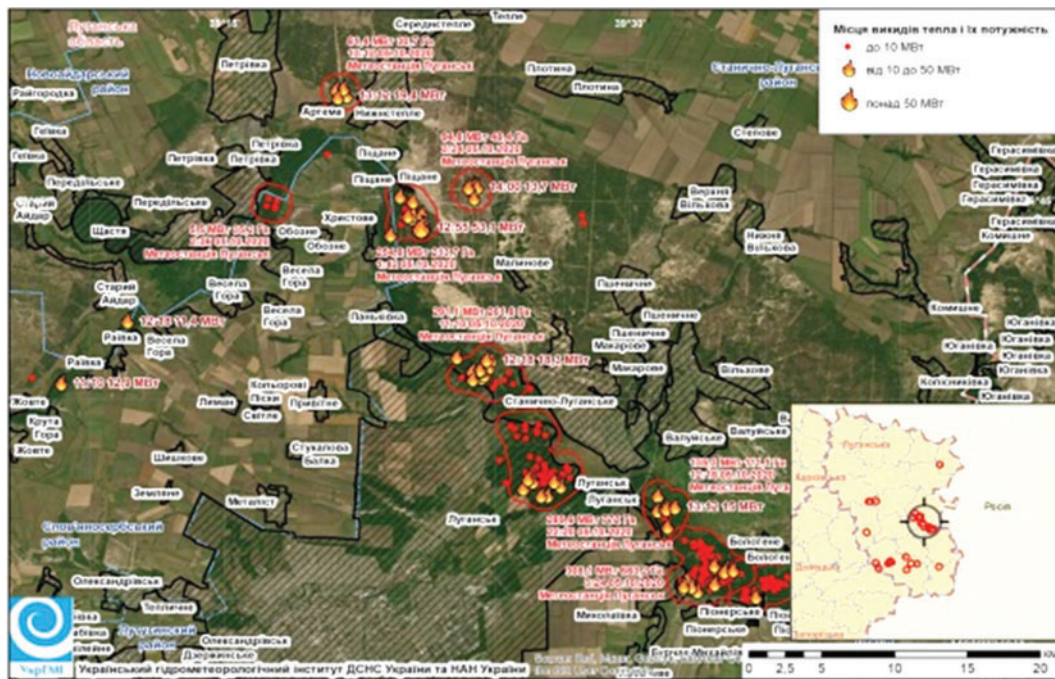
Система кліматичного моніторингу природної пожежної небезпеки за умов погоди

вання природної пожежної небезпеки за метеорологічними умовами, яка не лише дозволяє отримати оперативну фактичну і прогностичну інформацію про стан пожежної небезпеки за умов погоди, а й передати її оперативно відповідним службам реагування та органам державної і місцевої влади.

Розроблена та впроваджена з 2018 р. в оперативну роботу ДСНС України комплексна методика оцінки та прогнозування природної пожежної небезпеки за умов погоди дозволяє виявляти лісові пожежі переважно на початковій стадії на площі 0,01–0,10 га. Як наслідок, відповідні служби до виникнення і гасіння лісових пожеж готові, що зумовлює значне зменшення їхньої кількості та площі. Так, лише у 2018 році лісових пожеж в Україні було у 2 рази, а верхових — у 4 рази менше, ніж у 2017 році, хоча погодні умови в багатьох регіонах були більш сприятливими для їхнього виникнення. При цьому загальна площа лісових пожеж, завдяки раціональному використанню матеріальних і людських ресурсів, була у 4 рази меншою.

Розроблено методіку ідентифікації лісових та інших потенційно небезпечних пожеж за викидами тепла, які фіксуються штучними супутниками Землі. На основі цієї методіки створено Інформаційно-аналітичну систему автоматизованого моніторингу викидів тепла і виявлення потенційно-небезпечних пожеж на території України за даними супутників Terra, Aqua, NOAA-20 і Suomi NPP. Система моніторингу дозволяє ідентифікувати на ранніх етапах пожежі в природних екосистемах, визначити їхню інтенсивність та напрям переміщення, здійснювати автоматичне оперативне інформування користувачів та приймати оперативні рішення щодо їхнього усунення.

Проводяться дослідження умов формування та кількісних характеристик хвиль тепла, холоду і різ-



Потенційно небезпечні пожежі за викидами тепла.
Потужність викидів тепла 5 жовтня 2020 р., східні райони Луганської області

ких змін температури в Україні у сучасний кліматичний період та їхні ймовірні зміни у коротко- та довгостроковій перспективі. Визначено та обґрунтовано оптимальні для України кількісні критерії хвиль тепла (ХТ), холоду (ХХ), різких змін температури повітря (РЗТ) та ступеню їхньої інтенсивності. Виявлено просторові закономірності повторюваності та інтенсивності цих явищ в Україні та їхні сезонні особливості. Встановлено тенденції зміни цих показників за місяць, сезон та рік на території України та проведено оцінку їхньої значущості. Виявлено просторові закономірності динаміки повторюваності та інтенсивності показників, їхні сезонні особливості та регіони де відбуваються найбільш значущі зміни у сучасний період. Встановлено ймовірної зміни середніх багаторічних значень показників ХТ, ХХ та РЗТ для сценаріїв РТК 4.5 і РТК 8.5 у коротко та довгостроковій перспективі відносно 1991–2020 рр. та значущість їхніх змін; Виявлено вплив макромасштабних атмосферних процесів, що впливають на формування цих явищ.

Підвищення ефективності гідрометеорологічної діяльності, відповідно до ухвалені Кабінетом Міністрів України “Стратегії розвитку гідрометеорологічної діяльності в Україні на період до 2030 року”, потребує розвитку гідрометеорологічного обслуговування, важливою складовою якого є кліматичне обслуговування. Пріоритетним напрямком наукових досліджень відділу прикладної метеорології та кліматології є розроблення нових видів кліматичного обслуговування в Україні, зокрема, сезонних і річ-

них кліматичних бюлетенів, які дозволяють здійснювати моніторинг тенденцій зміни клімату в Україні в оперативному режимі та надавати цю інформацію зацікавленим користувачам. Кліматичні бюлетені дозволяють більш ефективно задовольнити суспільні потреби щодо інформації про мінливість і зміну клімату в Україні, підвищити цінність кліматичної та метеорологічної інформації, розвивати кліматичне обслуговування для підтримки прийняття рішень, накопичувати знання про минулий і сучасний стан кліматичної системи, її регіональні та локальні особливості, які оцінюються в доповідях МГЕЗК ООН та в інших глобальних наукових звітах.

Науково-експертна та консультативна діяльність відділу прикладної метеорології та кліматології передбачає наукове та інформаційно-аналітичне забезпечення галузей економіки і населення країни інформацією щодо впливу на їх функціонування та життєдіяльність метеорологічних і кліматичних умов та їхньої мінливості; популяризація знань в галузі метеорології та кліматології з метою підвищення рівня знань і розуміння населенням та суб'єктами господарювання важливості і ефективності правильного реагування на отримання інформації про фактичний та прогнозований стан погодних умов та клімату у різних сферах економічної та суспільної діяльності; пропагування досягнень відділу шляхом ініціювання та участі у проведенні наукових форумів, конференцій, семінарів, виставок; публікацій в журналах, що входять до науково-метричних баз даних та фахових

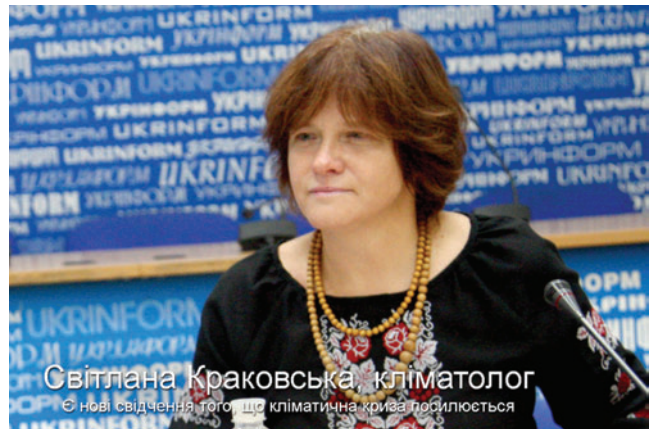
журналах; висвітлення досягнень в засобах масової інформації тощо.

Науковцями ВПМК протягом 2014-2022 рр. підготовлено та надано органам державної влади, представникам громадських організацій, бізнесу та громадянам України понад 60 консультацій та експертних висновків, що стосуються гідрометеорологічної діяльності, зміни клімату в Україні та умов формування явищ погоди.

За даними результатів досліджень науковці відділу підготували і опублікували протягом 2014-2022 рр. понад 150 наукових публікацій, взяли участь у понад 100 наукових конференціях, семінарах, круглих столах як в Україні, так і за її межами, надали біля 70 аналітичних матеріалів та експертних висновків на замовлення органів державної влади та міжнародних організацій, зокрема, для Кабінету Міністрів України, Верховної Ради України, міністерств та відомств країни, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, ЕЕК ООН, Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, Організації безпеки і співробітництва в Європі (ОБСЄ), Всесвітнього Фонду Природи, Регіонального Екологічного Центру для Східної та Центральної Європи, Центру Глобального моніторингу пожеж, Національного Фонду Червоного Хреста Грузії, Червоного Хреста Австрії та ін.

Фахівці відділу проводять активну роботу з популяризації знань в галузі метеорології, кліматології, гідрометеорологічної діяльності. Науковці ВПМК беруть активну участь у передачах на радіо та телебаченні, проводять прес конференції для ЗМІ з актуальних проблем, організували і провели інформаційну кампанію "Чистий четвер" до COP21 в Національній агенції "Укрінформ", спільно з ГО "Відкрита політика", Французьким інститутом та Посольством Франції в Україні; надали більше 400 інтерв'ю засобам масової інформації, зокрема і за кордоном (Радіо Свобода, DW, Словацьке телебачення, Російська служба радіо ООН). Інноваційні розробки відділу були представлені на виставках НАН України "Барвіста Україна" (2014-2018), на виставці інноваційних розробок установ НАН України на IX Всеукраїнському Фестивалі Науки (2015), XV Міжнародній спеціалізованій виставці "Енергетика в промисловості – 2017".

Проведення інноваційної та інтеграційної діяльності. Результати наукових досліджень та інноваційні розробки відділу впроваджено у роботу оперативних підрозділів ДСНС України, Державного агентства лісових ресурсів України, використано при підготовці щорічних Національних звітів з інвентаризації викидів парникових газів для подання до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату



Інтерв'ю Краковської С.В. агенції Укрінформ
<https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3232686-svitlana-krakovska-klimatolog.html>

та Кіотського протоколу за 1990–2015, 1990–2016, 1990–2017 рр., VI Національного повідомлення України з питань зміни клімату, підготовленого на виконання статей 4 та 12 Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та статті 7 Кіотського протоколу, Національних повідомлень про стан навколишнього середовища в Україні

Фахівці ВПМК брали участь у розробленні Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року, Стратегії розвитку гідрометеорологічної діяльності в Україні на період до 2030 року, Концепції Державної науково-технічної програми у сфері зміни клімату до 2030 року, у слуханнях Парламентського комітету ВР України з екології на тему: "Кліматична стратегія України. Підсумки 26-ї Конференції Сторін Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату. Українська екологічна складова Європейського Зеленого Курсу. План дій Уряду до



Інформаційна кампанія "Чистий четвер" до COP21, яка являє собою цикл регулярних щотижневих прес-конференцій в Національній агенції "Укрінформ". 29.10-10.12 2015. Організатори: ГО "Фонд Відкрита політика", Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, УНІА "Укрінформ", Французький інститут, за підтримки Посольства Франції в Україні



Чигарева А.Ю. на станції "Академік Вернадський". Антарктида. 2021

2030 р. щодо реалізації вимог Оновленого національно визначеного внеску України до Паризької угоди".

Сприяння підготовці студентів і аспірантів.

Протягом 2014–2022 рр. наукові співробітники відділу проводили підготовку 5 аспірантів, ще один аспірант навчався в аспірантурі НПУ ім. М.П. Драгоманова. Малицька Людмила Володимирівна у 2020 р. захистила дисертацію за темою: "Просторово-часова мінливість комфортності кліматичних умов в Україні" та здобула науковий ступінь кандидата географічних наук, Писаренко Лариса Анатоліївна у 2022 р. здобула ступінь доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю та захистила дисертацію за темою "Вплив знеліснення на регіональні кліматичні характеристики в Україні на основі чисельного ретроспективного експерименту".

Чигарева Анастасія Юріївна, мол.н. сп. ВПМК, аспірантка УкрГМІ, брала участь у роботі 26 Української антарктичної експедиції на станції "Академік Вернадський" (27 березня – 18 квітня 2021 року), де проводила первинний збір та аналіз умов формування та мікрофізичних властивостей полярних

хмар та опадів. Отримані дані є важливим доробком її дисертаційного дослідження "Умови формування та мікрофізичні властивості полярних хмар та опадів в умовах зміни клімату".

Фахівці відділу співпрацюють з Київським національним університетом імені Тараса Шевченка, Одеським державним екологічним університетом, Національним університетом біоресурсів і природокористування України. Разом з освітянами виконують спільні наукові проекти та готують публікації, розробляють навчальні програми та читають лекції, керують студентськими науковими роботами (курсowymi, дипломними), виробничою практикою студентів, готують відгуки на автореферати та експертні висновки на наукові роботи, беруть участь у роботі Державної атестаційної комісії, спеціалізованих вчених радах. Балабух В.О. є членом спеціалізованої вченої ради К 26.001.22 Київського національного університету ім. Тараса Шевченка по захисту докторських і кандидатських дисертацій, член одnorазових спеціалізованих вчених рад Одеського національного екологічного університету по захисту дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань "Природничі науки" за спеціальністю "Науки про Землю" (ДФ 41.090.001, ДФ 41.090.004, ДФ 41.090.005). Краковська С.В. член одnorазової спеціалізованої вченої ради ДФ 26.001.548 Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Науковці відділу велику увагу приділяють роботі з учнівською молоддю. Беруть участь у роботі Малої академії наук України, проводять тренінги для педагогів та представників органів державної влади та місцевого самоврядування, підготували та провели метеорологічну експедицію "Від Землі до неба" для учнів 8-10-х класів учбових закладів України (2014), науковий еко-уїкенд для всієї родини (2015), брали участь у наукових пікніках.



Базалеєва Ю.О., м.н.с. ВПМК, на науковому пікніку. "Майстерня прогнозу погоди та клімату", Київ, 12.09 2015



Метеорологічна експедиція “Від Землі до неба” для учнів 8–10-х класів учбових закладів м. Києва та їхніх родин. Проводилась у Поліському заповіднику на півночі Житомирщини (с.Селезівка Овруцького району) з 27 липня до 2 серпня 2014 року. Організатори — УкрГМІ та Фонд “Відкрита політика” (www.acor.com.ua)



Науковці ВПМК Малицька Л.В., Савчук Є.В. та Лавриненко О.М. на ІХ Всеукраїнському Фестивалі Науки, 2015

Міжнародне наукове співробітництво також є важливим напрямом роботи ВПМК. Науковці відділу беруть участь у роботі міжнародних організацій, комісій, робочих груп, зокрема, у роботі Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК) та Кліматичній комісії Всесвітньої метеорологічної організації при Організації об’єднаних націй, Адаптаційному Комітеті Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК ООН), в Координаційній раді НАН України з проблем, пов’язаних з Рамковою Конвенцією ООН про зміну клімату, у міжвідомчій робочій групі з питань імплементації Директиви 2003/87/ЄС при Міжвідомчій комісії із забезпечення виконання Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

Краковська С.В., зав. лабораторії прикладної метеорології є заступником координатора діяль-

ності Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) в Україні, член МГЕЗК від України, редактор-рецензент Спеціального звіту МГЕЗК щодо Можливостей стримання глобального потепління в межах 1,5°; провідний автор Шостого оцінювального звіту Першої робочої групи МГЕЗК.

Трофімова І.В. — з 2018 р. член Адаптаційного Комітету Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК ООН), обраний на 23 Конференції Сторін РКЗК ООН.

Міжнародна наукова діяльність відділу також знайшла відображення в участі співробітників у реалізації низки міжнародних наукових проєктів:

- “Зміна клімату та безпека у Східній Європі, Центральній Азії та на Південному Кавказі”, за підтримки Інструменту стабільності Європейського Союзу



Науковці ВПМК Краковська С.В. та Балабух В.О за роботою в Міжурядовій групі експертів з питань зміни клімату ООН

та ОБСЄ– участь в розробці наукових рекомендацій для країн східного партнерства щодо адаптації до змін клімату, аналізі найбільш вразливих секторів економіки та життєдіяльності людей у великих містах та розробці практичних рекомендацій по адаптації до зміни клімату м. Тбілісі, м. Хмельницькому (2014);

- “Зміна клімату й безпека в басейні ріки Дністер”, що виконувався ЄЕК ООН і ОБСЄ за підтримки Європейської комісії й Австрійського агентства розвитку в рамках міжнародної ініціативи “Навколишнє середовище й безпека” (ENVSEC) — участь у розробці Стратегічних напрямків адаптації басейну ріки Дністер до змін клімату, плану їхнього впровадження, пріоритетних заходах щодо адаптації до зміни клімату в регіоні, розробці плану управління басейном ріки Дністер на національному й трансграничному рівні, що враховує вплив зміни клімату (2014-2016);
- Проект HUSKROUA 1001/079 “LOC-CLIM-ACT: Місцеві дії щодо впливу кліматичних змін” у рамках програми Транскордонного співробітництва Угорщина–Словаччина–Румунія–Україна (2013, 2015);
- Міжнародний Тренінг з оцінки кліматичних загроз на транспортні коридори в рамках проекту

ClimaCor, що фінансувався Урядом Нідерландів і направлений на розробку методології швидкої оцінки впливу кліматичних загроз на транспортні суходільні коридори, включаючи загрози, що можуть виникнути при найгірших сценаріях зміни клімату (2015);

- Проект “Enviro Aerosols в ECMWF: модельні дослідження та розробки Enviro-HIRLAM/ HARMONIE для онлайн-інтегрованої метеорологічної хімії/аерозолів, зворотних зв'язків та взаємодій у прогнозуванні погоди та складу атмосфери” (“Enviro Aerosols on ECMWF: Enviro-HIRLAM/ HARMONIE model research and development for online integrated meteorology-chemistry/aerosols feedbacks and interactions in weather and atmospheric composition forecasting”(2015-2017)).
- Проект “Зміна температурних дат та тривалості сезонів ” (“TEMperature TRAnSition DAtes and seasons’ lengths” спільно з Дослідницьким інститутом Бухарестського Університету (The Research Institute of the University of Bucharest (ICUB)), (2017)
- Проект Clima East “Послуги експертного центру CEEF2016-083-UA Розробка національної концепції адаптації до змін клімату сільського господарства України” (“Expert Facility Services CEEF2016-083-UA Development of the national climate change adaptation policy concept for agriculture in Ukraine”), який фінансувався Європейським Союзом (2017р.);
- Проект “Development of draft River Basin Management Plan for DNIPRO RIVER BASIN IN UKRAINE: Phase 1, STEP 1 — DESCRIPTION OF THE CHARACTERISTICS OF THE RIVER BASIN” за підтримки Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проект EUWI+)(2018);
- Проект Enviro-PEEX on ECMWF: Пан-Євразійська платформа для моделювання, дослідження та розвитку онлайн-об’єднаних моделей для вивчення відгуків метеорологія-хімія-аерозолі (2018–2020);
- Проект “Інфраструктури для дослідження навколишнього природного середовища в Європі” (Environmental Research Infrastructures across Europe, ENVRIplus), який є частиною Горизонту — 2020, що спонсується Європейською комісією. Розділ “Вплив зміни підстильної поверхні на граничний шар атмосфери та регіональні кліматичні характеристики” (“The Influence of Land cover changes On Atmospheric Boundary Layer and Regional Climate Characteristics”), лісова станція Хюттіала, Фінляндія (2018 р.);
- Проект Enviro-PEEX on ECMWF НРС “Пан-Євразійський експеримент (PEEX) розробка комплексної онлайн-інтегрованої модельної платформи та дослідження взаємозв’язків метеорологія –

- хімія – аерозолі під час моделювання погоди, клімату та складу атмосфери” (“Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Modelling Platform research and development for online coupled integrated meteorology-chemistry-aerosols feedbacks and interactions in weather, climate and atmospheric composition multi-scale modelling”), 2018–2020;
- Проєкт Світового банку ASSESSING CLIMATE CHANGE IMPACTS, OPPORTUNITIES AND PRIORITIES FOR UKRAINE (Оцінка впливів зміни клімату, можливостей та пріоритетів для України), 2021;
 - Проєкт Enviro-PEEX(Plus) on ECMWF: “Дослідження та розробки для мульти-масштабного та мульти-процесного інтегрованого моделювання системи “метеорологія — хімія атмосфери” для домену Пан-Євразійського експерименту з метою використання у прогнозах погоди, дослідженні якості атмосферного повітря та клімату) (2021–2023) (“Research and development for integrated meteorology — atmospheric composition multi-scales and — processes modelling for the Pan-Eurasian Experiment (PEEX) domain for weather, air quality and climate applications”) (2021–2023);
 - Проєкт “PEEX Modelling Platform research and development through HPC-Europa3 Transnational Access Programme” (PEEX платформа для моделювання, досліджень та розвитку з використанням Транснаціональної Програми доступу до високоефективних комп’ютерних обчислень HPC-Europa3). (2020–2022).

Науковці ВПМК також підвищують свій науковий рівень, беручи участь в міжнародних тренінгах та школах з актуальних питань метеорології та кліматології, зокрема, у Першому об’єднаному тренінгу з питань складу атмосфери (First Joint Training Course on Atmospheric Composition), 04–08.11.2019, Клуж-Напока, Румунія; у Першій міжнародній зимовій школі “Аналіз мінливості клімату” (1st International Winter School on Analysis of Climate Variability), 22–29 березня 2019, Інститут дослідження Балтійського моря ім. Лейбніца (Leibniz Institute for Baltic Sea Research), Варнемюнде, Росток, Німеччина; у літній школі-кологіумі “Атмосферні річки” (Atmospheric River Colloquium Summer School), 24 червня – 5 липня 2019 р., Інститут океанографії ім. Скрипса (Scripps Institution of Oceanography), Ла Хойя, штат Каліфорнія, США

Писаренко Лариса Анатоліївна отримала Індивідуальний грант для проведення досліджень із використанням високоефективних комп’ютерних обчислень High Performance Computing Europa-3 (HPC-Europa3) Transnational Access programme на тему “Integrated modelling and analysis of influence of land cover changes on regional weather conditions/patterns” (2020–2021).

Самовіддана праця науковців відділу прикладної метеорології та кліматології УкрГМІ отримала визнання держави. Краковську Світлану Володимирівну, завідувачку лабораторією прикладної кліматології нагороджено орденом княгині Ольги III ступеня за визначний особистий внесок у здійснення наукової діяльності в Антарктиці та з нагоди 25-річчя української антарктичної станції “Академік Вернадський”, 2021

Балабух Віру Олексіївну, завідувачку відділом прикладної метеорології та кліматології, нагороджено Почесною грамотою ДСНС України за сумлінну працю, високу професійну майстерність, зразкове виконання посадових обов’язків та з нагоди відзначення 100-річчя із дня заснування національної гідрометеорологічної служби України (2021) та Грамотою УкрГМІ за сумлінну і плідну роботу та з нагоди Дня працівника гідрометеорологічної служби (2016).

Лавриненко Олену Миколаївну, наукового співробітника ВПМК, нагороджено Грамотою ДСНС України за особисті заслуги у здійсненні заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, старанність, наполегливість і високий професіоналізм та з нагоди Дня працівника гідрометеорологічної служби (2018).

Тимошкевича Тараса Дмитровича, ст.н.сп., ВПМК нагороджено Грамотою Президії Національної академії наук України за підготовку учнів Київської Малої академії наук — переможців Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідних робіт учнів-членів Малої академії наук (№ 107 від 30.05.2019).

Малицьку Людмилу Володимирівну, наукового співробітника ВПМК, нагороджено Грамотою Українського гідрометеорологічного інституту за багаторічну сумлінну працю в УкрГМІ та з нагоди Дня працівників гідрометеорологічної служби (2019).



Президент України Зеленський В.О вручає Краковській С.В.орден княгині Ольги III ст.

Талерко Наталю Дмитрівну, інженера 1 категорії ВПМК, нагороджено Грамотою Українського гідрометеорологічного інституту за багаторічну сумлінну працю та з нагоди ювілею (2019) та Грамотою УкрГМІ за сумлінну і плідну роботу та з нагоди Дня працівника гідрометеорологічної служби, (2017).

Стратегічною метою відділу прикладної метеорології та кліматології на середньо- та довгострокову перспективу є поліпшення моніторингу, прогнозів і розуміння процесів та явищ погоди, що відбуваються в атмосфері у всіх часових і просторових масштабах, для підвищення гідрометеорологічної безпеки, ефективності діяльності погодозалежних галузей економіки, забезпечення можливості їхнього використання в процесі прийняття управлінських рішень.

У середньостроковій перспективі науково-дослідні роботи відділу планується проводити в рамках основних напрямків наукових досліджень:

- **дослідження стану атмосфери, процесів формування клімату, кліматичних ресурсів, мінливості та зміни клімату, впливу метеорологічних та кліматичних чинників на різні галузі економіки, навколишнє середовище, життєдіяльність людини та оцінка їхньої вразливості щодо зміни клімату**, зокрема в найближчі 5 років:

- 1) оновити сценарії зміни основних та спеціалізованих кліматичних характеристик до кінця XXI ст. на основі сформованих ансамблів сучасних регіональних кліматичних моделей;
- 2) проводити моніторинг, оцінку мінливості та зміни клімату, атмосферних процесів в Україні та їх наслідків, включаючи регіональний розподіл;
- 3) визначити оптимальні для України кількісні критерії інтенсивності хвиль тепла та холоду, виявити просторово-часові особливості їхнього формування та мінливості у сучасний кліматичний період, можливі зміни на середньо — та довгострокову перспективу;

- **розроблення нових та удосконалення і/або адаптація існуючих моделей і методів оцінювання та прогнозування атмосферних процесів і явищ погоди у всіх часових і просторових масштабах. Розвиток технологій прогнозу погоди і клімату, нових видів спеціалізованих метеорологічних та кліматичних прогнозів на основі ризик-орієнтованого підходу**, зокрема в найближчі 5 років:

- 1) удосконалити методику прогнозування природної пожежної небезпеки за умовами погоди з врахуванням водно-фізичних властивостей ґрунтів та антропогенного чинника;

- 2) розробити методологію моніторингу та прогнозування хвиль тепла і холоду в Україні;
- 3) розробити комплексну методику коротко — і середньотермінового прогнозування різких змін температури повітря та хвиль тепла і холоду в Україні;
- 4) розробити нові види кліматичного обслуговування в Україні.

Важливими завданнями наукової діяльності відділу й надалі залишатиметься наукове та інформаційно-аналітичне забезпечення галузей економіки і населення країни інформацією щодо впливу на їх функціонування та життєдіяльність метеорологічних і кліматичних умов та їхньої мінливості, розвиток кліматичного обслуговування, науково-експертна діяльність в інтересах та на замовлення органів державної влади, місцевого самоврядування та ін.

Значну увагу науковці відділу приділятимуть підготовці студентів і аспірантів через навчання в аспірантурі та співпрацю з вищими навчальними закладами, зокрема, Київським національним університетом імені Тараса Шевченка; керівництво студентською науковою роботою, практикою студентів, рецензування та опонування дисертацій, підготовку відгуків та експертних висновків; участь у спеціалізованих вчених, експертних радах, редколегіях наукових журналів.

У середньо- та довгостроковій перспективі науковці ВПМК продовжуватимуть міжнародну діяльність, зокрема участь в роботі міжнародних організацій, конференцій, редколегіях журналів

Розроблені у відділі прикладної метеорології та кліматології в рамках виконання НДР за бюджетною тематикою та міжнародними проектами, інформаційно-довідкова система “Стихійні метеорологічні явища в Україні”, система кліматичного моніторингу та електронний атлас блокуючих процесів, електронний атлас “Фактичні та очікувані зміни стану кліматичної системи в Україні”, бази даних основних метеорологічних характеристик, бази даних регіональних кліматичних моделей, методики, алгоритми та програмне забезпечення дозволяють досліджувати екстремальні умови погоди та клімату для території України, виявити просторово-часові особливості їхньої повторюваності та інтенсивності, динаміку у сучасний кліматичний період та оцінити можливі зміни у середньо — та довгостроковій перспективі для різних кліматичних сценаріїв, розробляти методику коротко — і середньотермінового прогнозування їхньої повторюваності та інтенсивності.

Наявність необхідної для виконання роботи інформації, технологій, кваліфікація виконавців та їх

досвід проведення подібних досліджень дає впевненість у виконанні поставлених завдань і досягненні мети досліджень.

Реалізація зазначених завдань у розрізі головних стратегічних цілей діяльності відділу дозволить сут-

тєво підвищити його науковий потенціал, результати наукових та науково-прикладних досліджень науковців відділу відповідатимуть сучасним вимогам та рівню європейських і світових досліджень у галузі метеорології та кліматології

НАЙВАГОМІШІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВЦІВ ВІДДІЛУ ПРОТЯГОМ 2014–2022 рр. ЗНАЙШЛИ ВІДОБРАЖЕННЯ В НАСТУПНИХ ПУБЛІКАЦІЯХ:

2022

1. Зібцев С.В., Савушик М.П., Маурер В.М., Балабух В.О., Миронюк В.В., Пінчук А.П., Іванюк І.В., Лобченко Г.О., Сошенський О.М., Гуменюк В.В., Тарнопільський П.Б. Відновлення лісів Луганщини на згаріщах в умовах змін клімату. Монографія. Київ., 2022. 156 с.
2. Писаренко, Л. & Краковська, С. Вплив знеліснення на випаровування вологи з ґрунту та рослинного покриву на території України за даними чисельного експерименту LUMIP. *Geophysical Journal*. 2022. 43 (6). P. 221–247. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251564>
3. Blauhut, V., Stoelzle, M., Ahopelto, L., Brunner, M.I., Teutschbein, C., Wendt, D.E., Akstinas, V., Bakke, S.J., Barker, L.J., Bartošová, L., Briede, A., Cammalleri, C., Kalin, K. C., De Stefano, L., Fendeková, M., Finger, D.C., Huysmans, M., Ivanov, M., Jaagus, J., Jakubinský, J., Krakovska, S., Laaha, G., Lakatos, M., Manevski, K., Neumann Andersen, M., Nikolova, N., Osuch, M., van Oel, P., Radeva, K., Romanowicz, R. J., Toth, E., Trnka, M., Urošev, M., Urquijo Reguera, J., Sauquet, E., Stevков, A., Tallaksen, L.M., Trofimova, I., Van Loon, A.F., van Vliet, M.T.H., Vidal, J.-P., Wanders, N., Werner, M., Willems, P., and Živković, N.: Lessons from the 2018–2019 European droughts: a collective need for unifying drought risk management. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 22. 2201–2217, <https://doi.org/10.5194/nhess-22-2201-2022>, 2022.
4. Sarah Connors, Micheline Dionne, Gábor Hanák, Rade Musulin, Neil Aellen, Muhammad Amjad, Steven Bowen, Daniel Ruiz Carrascal, Erika Coppola, Eric Dal Moro, Alessandro Dosio, Sergio Henrique Faria, Thian Yew Gan, Melissa Gomis, José Manuel Gutiérrez, Pandora Hope, Robert Kopp, Svitlana Krakovska, Katherine Leitzell, Douglas Maraun, Valérie Masson-Delmotte, Robin Matthews, Tom Maycock, Sharanjit Paddam, Gian-Kasper Plattner, Alex Pui, Mohammad Rahimi, Roshanka Ranasinghe, Joeri Rogelj, Alex C. Ruane, Sophie Szopa, Andrew Turner, Robert Vautard, Yordanka Velichkova, Andreas Weigel, Xuebin Zhang. Climate Science: A Summary for Actuaries — What the IPCC Climate Change Report 2021 Means for the Actuarial Profession. https://www.actuaries.org/IAA/Documents/Publications/Papers/Climate_Science_Summary_Actuaries.pdf

2021

5. Balabukh V.O., Tarariko O.H., Ilenko T.V., Velychko V.A. Influence of change in surface air temperature on crop productivity formation in Ukraine for the period 1981–2010. *Agricultural Science and Practice*. 2021. Vol. 8. No. 3. ISSN: 2312–3370, DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.071>
6. Krakovska, S., Balabukh, V., Chyhareva, A., Pysarenko, L., Trofimova, I., and Shpytal, T.: Projections of regional climate change in Ukraine based on multi-model ensembles of Euro-CORDEX. EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-13821, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13821>, 2021.

2020

7. Moskalenko S. O., Malyska L. V. Spatial correlation function of the mean annual water runoff of the river of Ukraine. Conference Proceedings, Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020, May 2020, Volume 2020. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>
8. Iturbide, M., Gutiérrez, J.M., Alves, L.M., Bedia, J., Cerezo-Mota, R., Gimenez, E., Gochis, A.S., Di Luca, A., Faria, S.H., Gorodetskaya, I. V., Hauser, M., Herrera, S., Hennessy, K., Hewitt, H.T., Jones, R.G., Krakovska, S., Manzanas, R., Martínez-Castro, D., Narisma, G.T., Nurhati, I.S., Pinto, I., Seneviratne, S.I., van den Hurk, B., and Vera, C.S.: An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: definition and aggregated datasets *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 2959–2970, <https://doi.org/10.5194/essd-12-2959-2020>, 2020 (Scopus, 12.5).
9. Malyska L., Moskalenko S. Bioclimatic zoning of the territory of Ukraine based on human thermal state assessment. *Meteorology Hydrology and Water Management*. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/125755> (WoS).
10. Писаренко Л.А., Краковська С.В. Взаємодія клімату і підстильної поверхні: основні напрямки сучасних досліджень. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 38–52.
11. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. № 1 (56). С. 94–100.

2019

12. Iulii Didovets, Valentina Krysanova, Gerd Bürger, Sergiy Snizhko, Vira Balabukh, Axel Bronstert. Climate change impact on regional floods in the Carpathian region. *Journal of Hydrology: Regional Studie*. 2019. Vol. 22, article 100590, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.01.002>
13. Mahura, R. Nuterman, G. Nerobelov, M. Sedeeva, S. Smyshlyaev, M. Savenets, L. Pysarenko, S. Krakovska, S. Ivanov, S. Michaelides, I. Ruban, A.S. Sassi, R. Makkonen, A. Baklanov, T. Petaja, S. Zilitinkevich, M. Kulmala. Integrated Multi-Scale Modelling for Meteorology-Chemistry-Aerosol Interactions. *Report Series in Aerosol Science. The Center of Excellence in Atmospheric Science (CoE ATM)*. 2019. No. 226. P. 425–429. ISSN 0784-3496.
14. Lukianets O., Malyska L, Moskalenko S. Maximum rivers runoff in the basin of Tysa and Prut within Ukraine. Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Kyiv, 2019. P. 165–171.
15. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шпиталь Т.М. Кліматичні проєкції опалювального періоду в Україні до середини XXI сторіччя. *Геофізичний журнал*. 2019. Т. 41, № 6 (у друці).
16. Chyhareva A., Krakovska S., Pishniak D. Climate projections over the Antarctic Peninsula region to the end of the

- 21st century. Part I: Cold temperature indices. *Ukrainian Antarctic Journal*. 2019. № 1 (18). С. 45–57.
17. Балабух В.О. Вплив зміни клімату на формування урожайності кукурудзи в агрокліматичних зонах України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3 (54). С. 103–104.
18. Балабух В.О. Піролого-кліматичне районування України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3 (54). С. 105–106.
- 2018**
19. Паламарчук Л.В., Краковська С.В. Регіональні зміни клімату України К.: Принт-Сервіс. 2018. 90 с.
20. Швиденко А.З., Букша І.Ф., Краковська С.В. Уразливість лісів України до зміни клімату. Монографія. К.: Ніка-Центр. 2018. 183 с.
21. Balabukh V., Lavrynenko O., Bilaniuk V., Mykhnovych A., Pulyrovych O. Extreme weather events in Ukraine: occurrence and changes. *Extreme Weather*. London: IntechOpen, 2018. P. 85–105 (1, 48); DOI: 10.5772/intechopen.77306; ISBN: 978-1-78923-613-2; Print ISBN: 978-1-78923-612-5; <https://www.intechopen.com/books/extreme-weather/extreme-weather-events-in-ukraine-occurrence-and-changes>
22. Балабух В.О., Малицька Л.В., Лавриненко О.М. Динаміка середньорічних показників температури повітря і кількості опадів в окремих ґрунтово-кліматичних зонах України. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти: колективна монографія. — ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського”. Харків. Стильна типографія, 2018. 364 с.
23. Балабух В.А., Малицька Л.В., Ягодинец С.Н., Лавриненко Е.Н. Проекції изменения климатических средних и показателей экстремальности термического режима к середине XXI века в Украине. *Природопользование*. Минск, Республика Беларусь. 2018. № 1. С. 97–113 (1, 6).
24. Краковская С.В. Оптимальный ансамбль региональных климатических моделей для оценки изменений температурного режима в Украине. *Природопользование*. Минск. Республика Беларусь. 2018. № 1. С. 114–126 (1, 2).
25. Краковська С.В., Т.М. Шпиталь. Дати переходу температури повітря через 0, 5, 10 і 15°C та тривалість відповідних термічних сезонів з другої половини ХХ до середини ХХІ ст. в Україні. *Геоінформатика*. 2018. № 4 (68). С. 74–92.
26. Malytska L., Balabukh V. Atmospheric self-cleaning coefficients as indicators of the atmospheric ability to dissipate pollutants in Ukraine. *Meteorol. Hydrol. Water Manage.* 2018. No. 6 (1). P. 59–65 (0, 5). DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/79450>
27. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Гнатюк Н.В., Шпиталь Т.М. Проекції приземної температури та відносної вологості повітря в областях України до середини ХХІ ст. за даними ансамблів регіональних кліматичних моделей. *Геоінформатика*. 2018. № 3 (67). С. 62–77 (1, 9).
28. Evhen V. Samchuk: Methodology of objective threedimensional identification and tracking of the cyclones and anticyclones in the low and middle troposphere. *IDOJARÁS, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 2018, Vol. 22, No. 4, P. 453–462, INDEX 26 361, HU ISSN 0324-6329.
- 2017**
29. Балабух В.О. Проблеми та перспективи розвитку кліматології в Україні/ В.О. Балабух, В.М. Хохлов. *Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал*. Одеса: 2017. № 19. С. 26–33.
30. Balabukh V. Impact of climate change on natural fire danger in Ukraine/ V. Balabukh, L. Malytska. *IDOJARAS: Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Serv.* Budapest. 2017. Vol. 121. No 4.
31. Malytska L. Atmospheric self-cleaning coefficients as indicators of the atmospheric ability to dissipate pollutants in Ukraine / L. Malytska, V. Balabukh. *Meteorology Hydrology and Water Management*. 2017. Vol. 6. Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/79450>
32. Балабух В.О. Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоди вегетаційного циклу / В.О. Балабух, Л.П. Однолеток, О. Кривошеїн. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. № 3 (46). С. 72–85.
33. Балабух В.О. Особливості термічного режиму України в умовах змін клімату / В.О. Балабух, Л.В. Малицька. *Геоінформатика*. 2017. № 4 (64). С. 5–20.
34. Балабух В.О. Зміна кліматичних умов в Україні та її вплив на сільськогосподарське виробництво / В.О. Балабух. *Всеукраїнський аграрний журнал “Агроеліта”*. 2017. № 5 (52). С. 12–14.
35. Малицька Л. В. Дискомфорт погодних умов зимового періоду в Україні. *Укр. гідрометеорол. ж.* 2017. № 20. С. 26–36.
36. Dovhal H. P. Ecological features of the state changes of the agroecosystem components depend on the specific effects of environmental climatic factors / H.P. Dovhal, N.O. Voloshyna. *The advanced science journal*. 2017. Vol. 2017. Issue 1. P. 29–33.
37. Довгаль Г.П. Оцінка залежності урожайності озимої пшениці від впливу метеорологічних факторів в умовах зони Лісостепу / Г.П. Довгаль. *Вісник Полтавської державної аграрної академії: науково-виробничий фаховий журнал*. 2017. № 1–2 (84–85). С. 157–160.
38. Самчук Є.В. Просторово-часова ідентифікація баричних утворень у нижній та середній тропосфері / Є.В. Самчук. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 19. С. 41–47.
39. Самчук Є.В. Ідентифікація і відстежування внутропосферних циклонів і антициклонів Северного півкульарія на основі трьохмерного підходу / Є.В. Самчук. *Гідрометеорологія і екологія: Ежеквартальний науково-технічний журнал*. Алмати. 2017. № 3. С. 29–40.
40. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*. 2017. Vol. 9. Iss. 7. 1152. URL: [doi:10.3390/su9071152](https://doi.org/10.3390/su9071152).
41. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Білозерова А.В., Шпиталь Т.М. Загальна хмарність в Україні до середини ХХІ ст. за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей. *Геоінформатика*. 2017. № 3 (63). С. 56–66.
42. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Гнатюк Н.В., Шпиталь Т.М., Шедеменко І.П. Зміни поля опадів в Україні у ХХІ ст. за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей. *Геоінформатика*. 2017. № 4 (64). С. 59–71.
43. Прусов В.А. Численный метод решения задачи Коши с предисторией / В.А. Прусов, А.Е. Дорошенко. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. Т. 53. №1. С. 42–67.
44. Vitaliy Prusov, Anatoliy Doroshenko / Numerical Method to Solve the Cauchy Problem with Previous History. *Translated from Kibernetika i Sistemnyi Analiz*, 2017. No. 1. January–February. P. 34–56.
- 2016**
45. Балабух В.О. Вплив блокувальних процесів на повторюваність та інтенсивність аномальних умов погоди в Україні, пов'язаних з температурою повітря / В.О. Балабух, Ю.О. Базалєєва, С.М. Ягодинець. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2016. Т. 3 (42). С. 85–94.

46. Базалеєва Ю.О. Повторюваність, тривалість та інтенсивність блокувальних процесів, що зумовлюють аномальні погодні умови в Україні / Ю.О. Базалеєва, В.О. Балабух. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 2684. С. 44–50.
47. Балабух В.О. Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у північно-чорноморському регіоні України / В.О. Балабух, С.В. Зібцев. *Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал*. Одеса. 2016. № 18. С. 60–71.
48. Довгаль Г.П. Екологічні особливості функціонування агроєкосистем України за впливу кліматичних чинників / Г.П. Довгаль, Н.О. Волошина. *Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова*. 2016. № 20. Біологія. С. 109–116.
49. Довгаль Г.П. Розвиток агроєкосистеми за зміни кліматичних умов довкілля / Г.П. Довгаль, Н.О. Волошина. *Біологічні дослідження – 2016: Збірник наукових праць*. Житомир: ПП "Рута", 2016. С. 384–385.
50. Красільнікова Т.М. Вплив агрокліматичних ресурсів регіону на продуктивність посівів пшениці озимої в умовах лісостепу / Т.М. Красільнікова, Г.П. Довгаль. *Збірник наукових праць "Агробіологія"*. 2016. № 1 (124). С. 18–22.
51. Довгаль Г.П. Вплив регіональних погодних аномалій на агроєкосистеми Лівобережного Лісостепу / Г.П. Довгаль, Н.О. Волошина. *Агроєкологічний журнал*. 2016. № 3. С. 32–38.
52. Граючи змінимо світ: посібник екологічних ігор з тематики зміни клімату / О. Халаїм, К. Мірошниченко, О. Пруцакова, В. Балабух. Київ: Світ освіт, 2016. 44 с. <http://www.sweetosvit.org.ua> та на сайті <http://ecoclubua.com/>.
- 2015**
53. Malytska L.V. Atmosphere's self-cleaning climatic potential in Ukraine/ V.O. Balabukh// Proceedings of the 1st Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 5th PEEX Meeting.: *Report series in aerosol science*. 2015. № 163. P. 280–282. ISBN 978-952-7091-16-6 (electronic publication) — Aerosolitutkimusseura ry — Finnish Association for Aerosol Research FAAR—<http://www.atm.helsinki.fi/FAAR/reportseries/rs-163.pdf>
54. Балабух В.О. Зміна клімату та його наслідки у Рахівському районі Закарпатської області / О.І. Лук'янець. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2015. Т. 2 (37). С. 132–148.
55. Базалеєва Ю.А. Блокирующий процесс как фактор изменения режима увлажнения в Украине / В.А. Балабух, Е.В. Самчук, С.Н. Ягодинец. *Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: Сборник научных статей*. Минск: Издательский центр БГУ, 2015. С. 195–196.
56. Малицкая Л.В. Оценка изменения параметров термического режима климатической системы Украины / В.А. Балабух. *Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: Сборник научных статей*. Минск: Издательский центр БГУ, 2015. С. 135–136.
- 2014**
57. Балабух В.О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі її зміни до середини XXI ст. / В.О. Балабух. *Наукові записки ТНПУ. Серія: географія*. 2014. № 1. С. 39–50.
58. Балабух В.О. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні/ В.О. Балабух О.М. Лавриненко, Л.В. Малицька. *Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал*. Одеса. 2014. № 14. С. 79–94.
59. Балабух В.А., Лавриненко О.М., Ягодинец С.Н., Малицкая Л.В., Базалеєва Ю.А. Исследования стихийных и опасных метеорологических явлений как результата проявления глобального изменения климата на региональном уровне. *VI национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата*. Київ, 2014. 342 с. (С. 250–255).
60. Балабух В.А., Краковская С.В. Региональные проявления глобального изменения климата. *VI национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата*. Київ, 2014. 342 с. (С. 221–229).



МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРИ

О. Кривобок, О. Кривошеїн, І. Дворецька, М. Савенець

Відділ моніторингу атмосфери (ВМА) створено в жовтні 2016 р. Він є наступником Відділу дослідження стану атмосфери (утворений 1996 р.). Останній, в свою чергу, було утворено на базі кількох підрозділів: Відділу агрометеорології (згодом — Відділ агрометеорологічних досліджень), який було утворено в 1967 р.; Відділу метеорологічних досліджень забруднення атмосфери (утворений в 1974 р.); Відділу метеорологічних досліджень атмосфери (1977 р.); Відділу моніторингу навколишнього середовища та клімату (1982 р.); Лабораторії моніторингу забруднення атмосфери (1991 р.) та Лабораторії дистанційних методів досліджень (1996 р.).

До складу відділу входять дві лабораторії:

- Лабораторія супутникових досліджень;
- Лабораторія моніторингу атмосферного повітря.

Метою діяльності відділу є організація і здійснення цілеспрямованих фундаментальних та прикладних досліджень стану забруднення атмосферного повітря, озонового шару, хмарності та підстильної поверхні за допомогою моделювання, наземних спостережень та дистанційних вимірювань.

Основні напрями роботи відділу:

1. Комплексне вивчення впливу гідрометеорологічних умов на забруднення навколишнього природного середовища.

2. Розроблення наукових принципів організації та рекомендацій щодо здійснення базових спостережень за забрудненням навколишнього природного середовища.

3. Розроблення нових та удосконалення існуючих методів прогнозів забруднення природного середовища екологічно небезпечними викидами.

4. Дослідження стану озонового шару та впливу його змін на потік ультрафіолетової радіації біля поверхні Землі, прогнозування таких змін.

5. Дослідження клімату вільної атмосфери та розробка методів контролю якості даних радіозондування.

6. Розвиток та адаптація сучасних дистанційних технологій отримання та первинної обробки даних про стан атмосфери.

7. Розробка методів визначення та прогнозування стихійних гідрометеорологічних явищ за даними дистанційних спостережень та попередження про них.

8. Розвиток сучасних систем моніторингу стану та прогнозування врожайності основних сільськогосподарських культур в Україні, удосконалення агрометеорологічного моделювання за біофізичними моделями.

Окремими напрямами є науково-експертна та консультативна діяльність; впровадження інноваційної та інтеграційної діяльності; сприяння підготовці студентів та аспірантів; міжнародне наукове співробітництво.

ЛАБОРАТОРІЯ СУПУТНИКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дистанційні (супутникові та авіаційні) радіометричні дослідження підстильної поверхні, атмосфери та хмар почалися в УкрГМІ з кінця 1980-х років. Ініціатором цих робіт був старший науковий співробітник Відділу агрометеорологічних досліджень В.С. Антоненко

У 1994 році в Українському гідрометеорологічному інституті на базі групи дистанційних досліджень агрометеорологічного відділу була створена лабораторія дистанційних методів досліджень (згодом лабораторія супутникових досліджень). Першим завідуючим лабораторії був кандидат географічних наук В.С. Антоненко. На той час лабораторія складалась з 7 співробітників, у тому числі 2 кандидати наук (Антоненко В.С., та Гаценко Р.В.).

В 1996 році лабораторія була переведена у Відділ досліджень стану атмосфери. У 2006 році лабораторія отримала назву Лабораторія супутникових досліджень стану атмосфери.

З початку робіт ставилася мета у розробці нових засобів отримання та методів тематичної обробки цифрової супутникової інформації та впровадження їх в оперативну діяльність гідрометеорологічної служби України.

Станом на зараз основними напрямками діяльності лабораторії є:

- розвиток та адаптація сучасних технологій отримання та первинної обробки даних з оперативних метеорологічних та природно-ресурсних супутників (технологія EUMETCast);
- розробка методів та програмного забезпечення для відновлення характеристик атмосфери, хмарності та підстильної поверхні за супутниковими даними;

- розвиток, технічна і технологічна підтримка системи грозопеленгації;
- розробка методів визначення та прогнозування стихійних гідрометеорологічних явищ за супутниковими даними та даними грозопеленгації;
- технологічна підтримка та вдосконалення системи моніторингу стану та прогнозування врожайності основних сільськогосподарських культур в Україні (система CGMS);
- удосконалення методів агрометеорологічного моделювання за біофізичними моделями;
- розробка методів класифікації та технологій визначення площ посівів основних сільськогосподарських культур в Україні за супутниковими даними високої просторової роздільної здатності.

За час існування лабораторії наступні співробітники захистили дисертації:

- Кривобок О.А у 1997 році захистив кандидатську дисертацію;
- Кривошеїн О.О. у 2014 році захистив кандидатську дисертацію;
- Антоненко В.С. у 2002 році захистив докторську дисертацію.

Розроблення нових засобів отримання цифрової супутникової інформації. Підчас створення лабораторії космічна інформація досить широко використовувалась у різних галузях народного господарства та наукових дослідженнях. Найбільшого поширення вона набула в гідрометеорології завдяки мережі спеціальних метеорологічних штучних супутників Землі (ШСЗ), у яку входять геостаціонарні (Meteosat, GOES, GMS) та низькоорбітальні, що виведені на полярні орбіти (NOAA, Метеор, МЕТОР). Головними перевагами цієї мережі є загальнодоступність даних, глобальний характер інформації, планомірне та постійне проведення зйомок із фіксованою періодичністю, а також величезний обсяг накопиченої інформації.

На той час використання космічної метеорологічної та природно-ресурсної інформації в Україні стримувалось відсутністю або недоскональністю технічних засобів отримання та обробки такої інформації. Так, в оперативній практиці Держкомгідромету та наукових дослідженнях УкрГМІ використовувались лише фотографічні супутникові знімки, автоматизована обробка яких практично неможлива, що значно знижувало ефективність використання цієї інформації. Тому 1994 року почалась дослідно-конструкторська робота по створенню діючого макета станції прийому цифрової інформації з метеорологічних супутників NOAA. Ця робота виконувалась сумісно фахівцями Харківського інституту радіотехнічних вимірювань (під керівництвом Балабанова В.В.) та лабораторії (під

керівництвом Антоненко В.С.). По закінченню роботи в 1996 році в УкрГМІ був встановлений діючий макет станції, який дозволяв отримувати дані з супутників серії NOAA у режимі HRPT (цифровий режим передачі даних) з роздільною здатністю на місцевості 1,1 км, смуга захвату становила 3000 км, а періодичність — 4 рази на добу. Апаратура для прийому була розміщена на території Київської метеорологічної станції.

Підчас експлуатації станції с 1996 по 1998 роки фахівцями лабораторії (Антоненко В.С, Гаценко Р.В., Кривобок О.А.) була розроблена проблемно-орієнтовна автоматизована система первинної обробки даних супутника NOAA. Ця система була створена на базі персональних ЕОМ, яка дозволяла виконувати повний цикл робіт, починаючи з розрахунку траєкторії супутника, прийому та первинної обробки (розпакування, калібрування, прив'язки та архівації даних). За допомогою програмного забезпечення отримувалась повний цифровий потік даних з супутника, якій включає дані радіометра високої просторової роздільності (AVHRR) та вертикальних зондувальників (HIRS, AMSU-A, AMSU-B)

Станція прийому даних оперативно функціонувала до початку 2006 року, коли фахівці лабораторії запропонували використовувати новітню технологію щодо отримання супутникових даних — EUMETCast, яка була розроблена наприкінці 2003 року Європейською організацією з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT). Це технологія квазіоперативного поширення цифрової метеорологічної інформації через систему телекомунікаційних супутників, яка є альтернативою традиційним засобам отримання даних. Вона заснована на передачі цифрового відеосигналу, для прийому якого використовується стандартне недороге обладнання. Таким чином, вдалося вирішити, у першу чергу, завдання доступності супутникових даних і, як наслідок, їх ефективного використання. На підставі ліцензії, отриманої Державною гідрометеорологічною службою України від EUMETSAT, були встановлені станції з прийому даних EUMETCast в Українському гідрометцентрі (УкрГМЦ, м. Київ), Львівському обласному гідрометцентрі (ЛГМЦ, м. Львів), Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів (ГМЦ ЧАМ, м. Одеса), Гідрометцентрі Автономної республіки Крим та в УкрГМІ. Ініціатором цієї роботи виступив УкрГМІ, який силами співробітників лабораторії виконав монтаж обладнання та встановив мінімальний набір програмного забезпечення для отримання і обробки даних в чотирьох вищевказаних оперативних центрах. Рішення про встановлення станцій в п'ятьох центрах ґрунтувалося на тому, що канали зв'язку, що використовуються в

гідрометслужби, не пристосовані для передачі великих обсягів цифрових даних, тому значно дешевше встановити станцію прийому безпосередньо в оперативному підрозділі, ніж орендувати швидкісні канали зв'язку і передавати дані з одного центру прийому.

Оперативні дані, які отримуються станцією прийому даних EUMETCast в УкрГМІ можна подивитися на відповідній web-сторінці https://uhmi.org.ua/sat_img/index.php

Супутникові дослідження підстильної поверхні, атмосфери та хмар. Традиційно супутникові дані використовувались для відтворення метеорологічних характеристик (температури земної поверхні та хмарних систем, вертикальних профілів температури та вологості повітря) та контролю синоптичних утворень та процесів, тому подальші дослідження лабораторії були пов'язані з розробкою методів отримання метеорологічних параметрів хмарності, підстильної поверхні та атмосфери. На підставі розроблених методів було зроблено оцінку точності отриманих параметрів. Так точність відновлення балу хмарності складає 81–96%, з високою точністю (85%) може ідентифікуватися шарувата хмарність. Визначення температури верхньої межі хмар за допомогою супутникових даних можливо з відносною похибкою 8%, а висоти верхньої межі — 15%.

За даними вертикальних зондувальників ATOVS, встановлених на супутниках NOAA, у 2003–2005 роках розроблено алгоритми відновлення вертикальних профілів температури та вологості повітря методом послідовних наближень (ітераційним). Проведено оцінку точності розрахунку вертикального профілю температури повітря за супутниковими даними. Отримані результати показують, що у шарі 15–200 мб абсолютна середня похибка складає 5 К, в шарі 200–500 мб — 4 К, у шарі 500–800 мб — 2,7 К, у шарі 800–1000 мб — 2,4 К.



Розташування станцій прийому даних EUMETCast та рік їх встановлення у мережі гідрометеорологічної служби України

Проведений аналіз точності відновлення вертикального профілю водяного пару показав наступне:

- на точність відновлення профілю вологості впливає достовірна інформація про вертикальний розподіл температури;
- недостатня інформативність для відновлення вологості у шарі “атмосфера — земна поверхня” — 850 гПа;
- точність відновлення профілю вологості суттєво залежить від помилок вимірювань та вибору початкового наближення.
- відновлення профілю вологості атмосфери можна отримати з похибкою 23%.

В рамках НДР “Розроблення методів обробки супутникової інформації для аналізу та прогнозу стану атмосфери” 2006–2008 рр. було створено посібник для використання супутникової інформації в аналізі та прогнозі стану атмосфери. Матеріали посібника були записані на CD диски та розповсюджені по обласних прогностичних центрах а також розміщені на web сторінці https://uhmi.org.ua/sat_img/posibnyk_satellite_info/zmist.htm.

Супутникові агрометеорологічні дослідження. На початку створення лабораторії були проведені дослідження просторово-часової мінливості спектральних відбиткових характеристик основних типів природних об’єктів: водної поверхні, лісів, луків, чагарників та ін. Також були отримані кількісні оцінки похибки розпізнавання на космічних знімках посівів провідних польових культур у різні періоди вегетації за спектральними вегетаційними індексами. Результати досліджень можливості розпізнавання посівів основних польових культур та природної рослинності в різні періоди вегетації за багатоспектральними знімками високої роздільної здатності можуть бути використані для наукового обґрунтування строків проведення ефективної супутникової зйомки при вирішенні задач моніторингу сільськогосподарських посівів та навколишнього середовища. Було доведено, що в більшості випадків ймовірність розпізнавання на космічних знімках за спектральними ознаками посівів окремих пропашних культур в Україні дуже низька, у той же час спостерігається висока ймовірність розпізнавання на знімках посівів озимини — точність розпізнавання посівів озимої пшениці — ярого ячменю до середини травня не менше 80%.

На експериментальних даних проведено аналіз точності відтворення структури та площі посівів в межах адміністративного району за допомогою супутникових даних високого просторового розрізнення протягом вегетаційного періоду. Відмічено збільшення похибки визначення структури

та площі посівів з 10–15% у весняний період до 35–40% — в літній.

На підставі попередніх результатів була розроблена система напівавтоматичного визначення площ посівів окремих сільськогосподарських культур (завідуючий лабораторії Кривобок О.А., старший науковий співробітник Кривошеїн О.О.), в якій поетапно вирішуються наступні задачі: розроблення методики отримання геоінформаційних даних для окремих сільськогосподарських посівів; розроблення методів класифікації; визначення площ посівів.

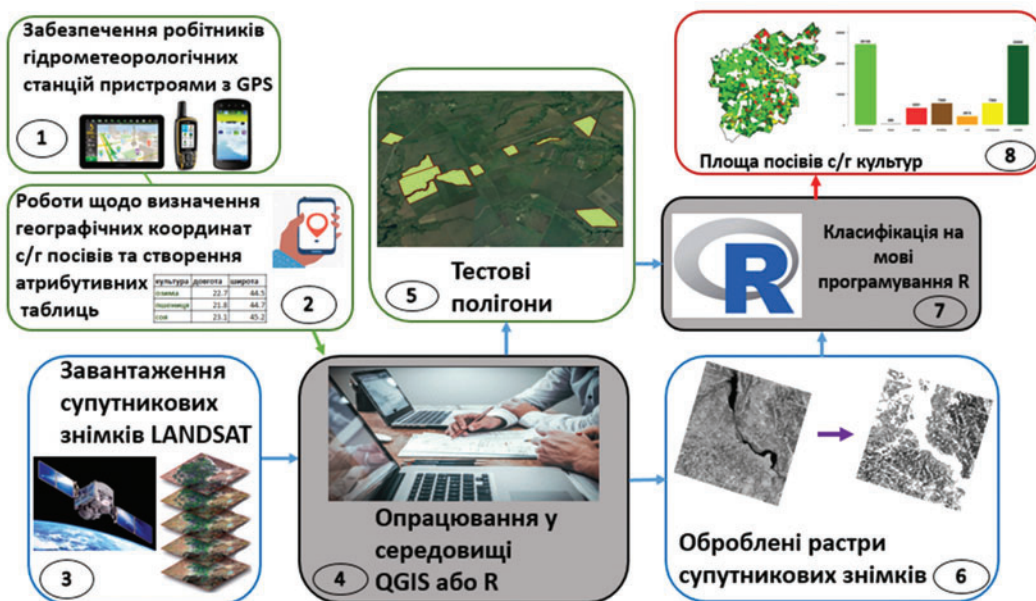
В розробленій системі був використаний метод класифікації багатоспектральних супутникових зображень для визначення окремих посівів с/г культур на основі аналізу відгуків спектральних каналів супутникових знімків. Метод полягає в комплексному застосуванні класифікаторів RF, SVM і NN, де в якості вхідних ознак використовуються значення усіх спектральних каналів безхмарних супутникових знімків в період вегетації з подальшим визначенням найбільш точного результату. Розроблено програмні засоби для класифікації с/г посівів на мові програмування R (версія 3.5.1) з використанням бібліотек `maptools`, `raster`, `rgdal`, `randomForest` і `caret`. Програмний комплекс послідовно виконує такі завдання: завантаження растрових зображень у форматі.tiff; підгонка усіх растрів під одну розрахункову область; створення "стеку" з растрів; екстракт значень "стеку" у межах тестових полів (shp-файли тестових полів завантажуються попередньо); навчання класифікаторів; побудова матриці помилок.

Були проведені тестові розрахунки класифікації с/г посівів Київської області в межах тестових полів. Визначено, що найбільш точний алгоритм класифікації для даного випадку — RF.

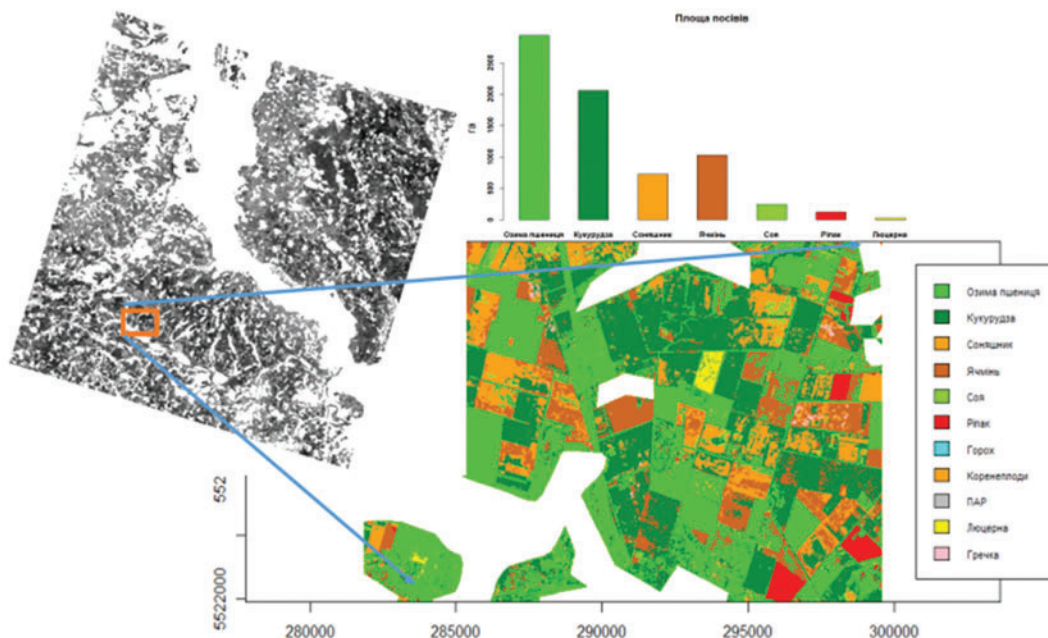
Проведено верифікацію отриманих результатів з визначення площ посівів с/г культур на супутникових зображеннях зі статистичними даними: найменша точність характерна для посівів кукурудзи; точність класифікації сої та ярого ячменю невисока для більшості тестових районів; найприйнятніша точність характерна для посівів соняшнику, озимої пшениці і ріпаку. Для поліпшення точності класифікації необхідно створювати більшу кількість класифікаційних ознак (у часовому аспекті) шляхом обробки більшої кількості супутникових знімків у період вегетації, а також збільшувати кількість і площу тестової вибірки шляхом систематичного відбору наземних даних по областях України.

Починаючи з 2010 року співробітники лабораторії Кривобок О.А., Кривошеїн О.О, Круківська А.В. здійснюють роботи з адаптації Системи Моніторингу Розвитку Сільськогосподарських Культур (англійська аббревіатура CGMS), яка складається з агрометеорологічного моделі WOFOST, бази даних, яка включає метеорологічні, агрометеорологічні, статистичні, ґрунтові, геопросторові дані, та статистичної моделі прогнозу врожайності.

У цій схемі вказані вхідні дані, а також вихідна інформація для кожного модуля, яка може бути використана як самостійний продукт для подальшого аналізу. З огляду на те, що дана система використовує структуровану базу даних, яка спрощує, в значній мірі, її наповнення, вона була адаптована у



Блок — схема системи визначення площ посівів с/г культур по супутниковим зображенням



Результати класифікації с/г посівів Київської області в межах тестових полів

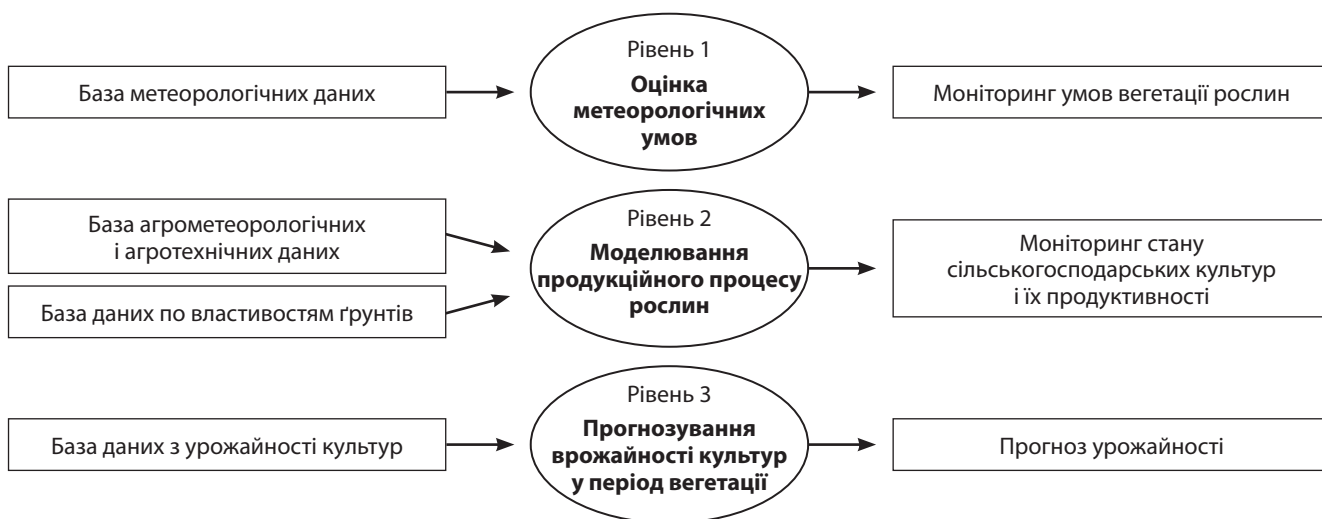
багатьох країнах світу для проведення моніторингу за станом сільськогосподарських посівів. В основному адаптація зводиться до таких кроків:

- створення бази метеорологічних і фенологічних даних, доступних для цієї території. База даних повинна включати не менше 15 років щоденних спостережень;
- створення бази даних за характеристиками ґрунту (як правило, використовується найбільш точна ґрунтова карта для даної території);
- калібрування агрометеорологічної моделі WOFOST;
- створення бази даних щодо врожайності сільськогосподарських культур в масштабах адміні-

стративних одиниць, доступних в місцевих статистичних організаціях;

- адаптація схеми прогнозу врожайності сільськогосподарських культур в розрізі адміністративних одиниць;
- технологічна адаптація програмних засобів для проведення розрахунків системи.

Однією з основних особливостей системи CGMS-Україна є можливість отримання достовірних характеристик продуктивності сільськогосподарських культур в масштабах країни, області, району шляхом врахування метеорологічних і ґрунтових неоднорідностей в масштабах виділених адміністративних одиниць. Для цього територія України ділиться на



Загальна схема системи CGMS

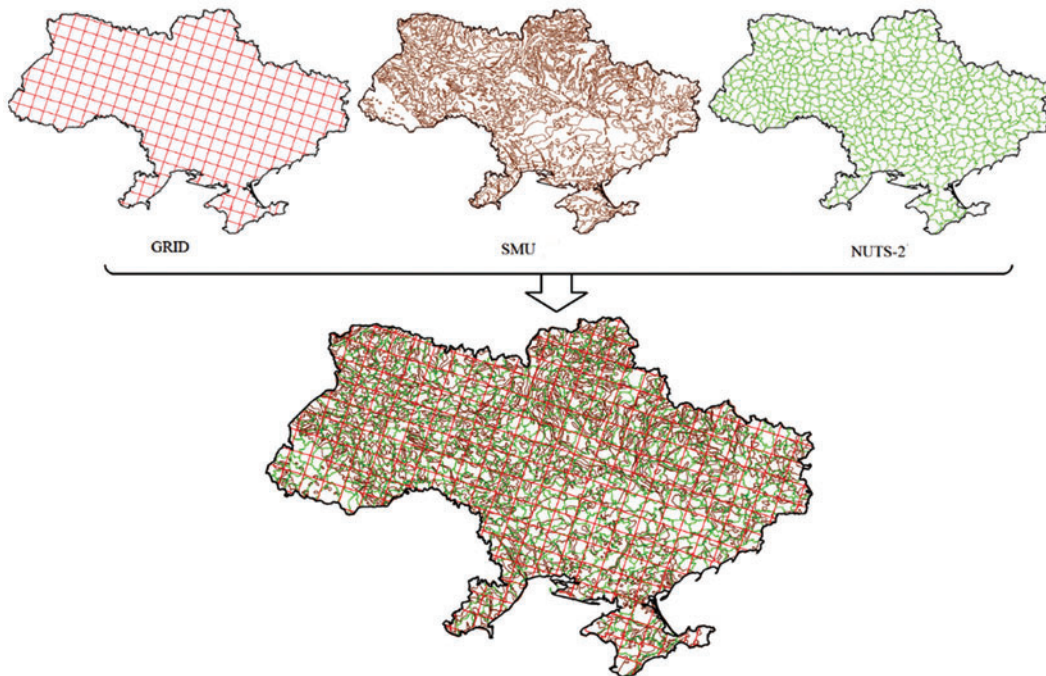


Схема виділення елементарних картографічних одиниць (EMU) для України

так звані “таксони”, які є умовно однорідними по метеорологічних і ґрунтових характеристиках та належать до певної адміністративної одиниці.

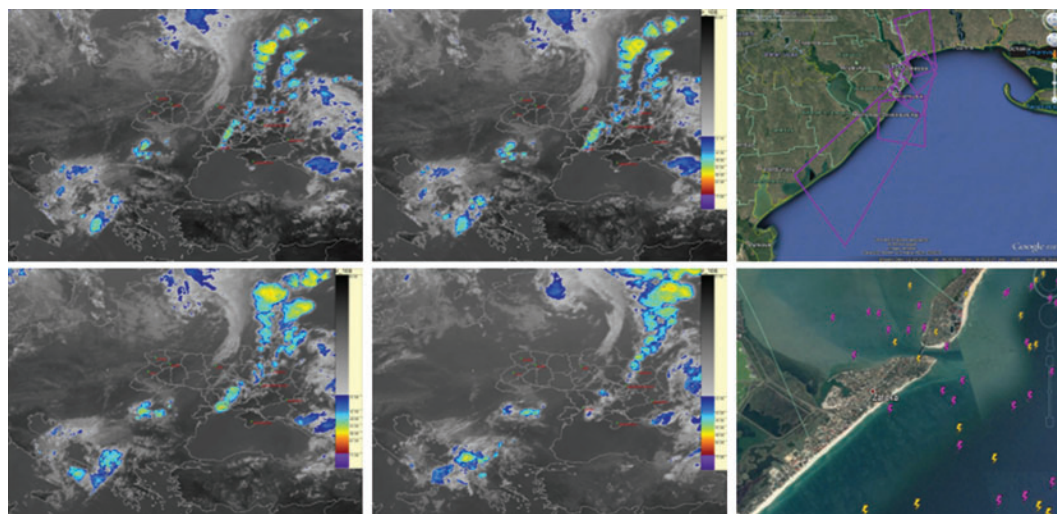
Це зроблено у зв’язку з тим, що для розрахунку характеристик продуктивності використовується одномірна модель WOFOST. При такому підході, змодельовані індикатори продуктивності певної сільськогосподарської культури є репрезентативними для однорідної територіальної одиниці і відрізняються від характеристик продуктивності цієї культури в інших метеорологічних і ґрунтових умовах. Крім того, оскільки параметри продуктивності використовуються в статистичній підсистемі прогнозування врожайності, вони повинні бути узагальнені і на рівні адміністративних одиниць. У розрахунковій схемі CGMS-Україна використовуються такі таксономічні одиниці: GRID — таксономічна одиниця з однорідними кліматичними (погодними) умовами, географічним центром якого є вузол регулярної кліматичної сітки; SMU — таксономічна одиниця з однорідним ґрунтовим покривом; NUTS — адміністративна територіальна одиниця: NUTS-0 — державний адміністративний поділ; NUTS-1 — обласний адміністративний поділ; NUTS-2 —

районний адміністративний поділ; EMU — елементарна картографічна одиниця, яка є результатом об’єднання всіх розглянутих таксонів в рамках яких моделюються характеристики продуктивності сільськогосподарських культур. Для виділення елементарних картографічних одиниць на території України було використано карту вузлів регулярної сітки (50×50 км), карту ґрунтів в масштабі 1:2500000 і карту адміністративного поділу України на рівні районів. Як результат накладання цих карт, було виділено 6913 EMU.

Адаптована схема прогнозу дозволяє прогнозувати врожайність основних сільськогосподарських

Розташування датчиків гронопеленгації в Україні

Номер станції	Місце встановлення	Широта, градуси	Довгота, градуси
33464	м. Сміла, Черкаська область	49.80	30.20
33345	м. Київ, УкрГМІ	50.60	30.40
33156	м. Глухів, Сумська область	51.60	34.00
34319	п. Великий Бурлук, Харківська область	49.60	37.70
33506	м. Полтава, метеостанція	49.60	34.50
33838	м. Одеса, ГМЦ ЧАМ	46.40	30.80
33915	п. Асканія Нова, Херсонська область	46.50	33.90
34606	п. Пришиб, Запорізька область	47.60	36.30
33088	м. Рівне	51.30	26.60
33513	м. Стрий, Львівська область	49.20	23.80
33662	м. Новодністровськ, Чернівецька область	48.10	27.07
33647	м. Рахів, Закарпатська область	48.00	24.20



Динаміка інтенсивності небезпечних погодних явищ по супутниковим даним і даним грозопеленгації 08.08.2016

культур по території України майже з любою завчасністю на рівні районів та областей. Попередні дослідження показали, що точність прогнозу врожайності знаходиться на рівні 70–85%. Інформація за станом посівів та прогноз врожайності основних сільськогосподарських культур в Україні доступна на web-сторінці <https://dat.uhmi.org.ua/cgms/>.

Визначення особливо небезпечних явищ погоди за даними системи грозопеленгації. Для отримання реальної інформації про особливо небезпечні явища погоди в теплу пору року співробітниками лабораторії (Кривобок О.А., Кривошеїн О.О., Коман М.М.) за підтримки компанії Earth Networks (США), починаючи з травня 2016 року, було встановлено 12 датчиків грозопеленгації на метеостанціях України. Встановлення проводилося у кілька етапів і було завершено у липні 2016 року. Таким чином, вперше в Україні була створена система грозопеленгації, яка дозволяє фіксувати блискавки над територією України з імовірністю виявлення міжмарних розрядів більше 50%, розрядів земля–хмара — 95% і з просторовою точністю виявлення даних явищ близько 200 м.

Одною з основних переваг створеної системи грозопеленгації є можливість фіксації міжмарних розрядів, які можуть характеризувати інтенсивність грозової активності. У відповідності до попередніх досліджень, якщо відношення міжмарних розрядів до розрядів земля–хмара буде більше 10, то з'являється велика ймовірність виникнення граду, сильного вітру, смерчу або торнадо.

Оперативне використання системи грозопеленгації показало її значну користь при попередженні особливо небезпечних явищ погоди (град, сильний вітер, злива). Наприклад, у випадку попередження про небезпечні явища, які було зафіксовано 8 серп-

ня 2016 року при проведенні фестивалю Z-games у с. Затока, система змоделювала переміщення небезпечних явищ з завчасністю 45 хвилин.

Таким чином, дані грозопеленгації можуть бути новим, якісним джерелом інформації як для метеорологічних досліджень, так і для широкого кола споживачів, зацікавлених у короткостроковому прогнозуванні та попередженні особливо небезпечних явищ.

ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Лабораторія моніторингу атмосферного повітря (ЛМАП, до 2011 р. лабораторія моніторингу атмосферного повітря і дослідження озону) виникла як поєднання двох великих напрямків досліджень, які проводились групами вчених різних відділів інституту: напрямок дослідження рівнів забруднення атмосферного повітря та напрямок дослідження загального рівня озону. В свою чергу, перший напрямок включав як загальні дослідження забруднення атмосферного повітря в містах України, так і розробку методик прогнозування рівнів забруднення в окремих містах. В різний час ці дослідження проводили такі відомі вчені як Пономаренко І.Н., Семенова А.П., Дячук В.А. та ін.. Саме Дячуку В.А. належить ідея першим в Україні в 2009 р. розпочати дослідження щодо удосконалення мережі спостережень за забрудненням атмосферного повітря відповідно до Директиви 2008/50/ЄС. Такі дослідження в істотно розширеному вигляді набули подальшого розвитку в 2016 році, ставши новим напрямком дослідження лабораторії.

Розробка методик прогнозування рівнів забруднення атмосферного повітря проводиться та впроваджується для міст України з 1980-х рр. відповідно

до вимог УкрГМЦ. Наукову і практичну роботу в галузі прогнозування рівня забруднення атмосфери в УкрНДГМІ розпочинали Пономаренко І.Н., Семенова А.П. та інші. Аналіз результатів випробувань методик, які були розроблені в УкрНДГМІ Семеновою А.П., Кіптенко Є.М. та Козленко Т.В., показав, що найбільш прийнятним для практичного використання в оперативній роботі є метод множинної регресії з попереднім виключенням нелінійності зв'язків між концентраціями забруднюючих речовин і метеорологічними факторами. На даний момент розроблено і впроваджено методики для 14 міст України.

В свою чергу напрямок дослідження загального вмісту озону був започаткований к. ф.-м. н. Білявським О.В. з групою вчених, на той час співробітником відділу фізики хмар та активних впливів (на даний момент — Відділ фізики атмосфери), у тісному співробітництві зі співробітником Центральної аерологічної обсерваторії (РФ) д. ф.-м. н. Крученицьким Г.М. Саме за сприянням останнього 8 грудня 1989 року на базі УкрГМІ було відкрито наукову станцію спостережень за загальним вмістом озону (яка не тільки надавала результати спостережень в УкрГМЦ, але й була зареєстрована в Міжнародному банку даних The World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC)), а згодом УкрГМІ отримав можливість методичного керівництва всієї мережі спостережень на території України. Дослідження загального вмісту озону в лабораторії відбувались за двома напрямками: дослідження на станції за допомогою озонometру М-124 та дослідження супутникових даних про розподіл озону за допомогою приладів The Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) та Ozone Monitoring Instrument (OMI). Проте, у зв'язку із неможливістю проведення повірки приладу М-124, вимірювання наземною станцією спостережень було припинено в 2018 році.

Залучення даних супутникового базування, а також розробленої в ЛМАП методики визначення ультрафіолетового індексу (УФ-індексу) атмосфери за допомогою даних загального вмісту озону та балу хмарності дозволило розробити автоматизовану систему спостережень вмісту озону та полів ультрафіолетової радіації, а також їх прогнозування. Для прогнозування рівнів озону було всебічно проаналізовано дані аерологічного зондування атмосфери, що лягло в основу не тільки майбутніх робіт з автоматизації роботи з даними аерологічного зондування, а й кандидатської дисертації співробітника лабораторії Савенця М.В.

Саме завдяки істотному залученню даних супутникових спостережень за загальним вмістом озону та великому досвіду їх обробки, з'явилась можливість відкрити новий напрямок досліджень в ЛМАП:

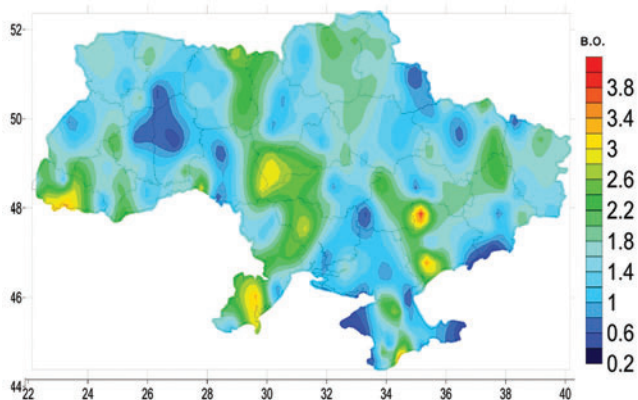
дослідження забруднення атмосферного повітря за допомогою даних супутника, а саме Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P). На даний момент в лабораторії проводиться велика робота з автоматизації роботи з даними та їх валідації з даними наземних спостережень, а також дослідження пожеж.

Відповідно до викладених вище напрямків досліджень в ЛМАП за останні п'ять років проводяться наступні види досліджень.

Дослідження загального розподілу забруднення атмосферного повітря. Дослідження загального розподілу забруднення атмосферного повітря за останні 5 років послідовно відбувається в межах виконання НДР № 7/15 „Дослідження впливу метеорологічних параметрів на вміст та динаміку малих газових і аерозольних домішок атмосферного повітря над територією України“, № 8/18 “Дослідження особливостей забруднення атмосферного повітря з урахуванням метеорологічних умов у містах України з нижчим за середній рівнем забруднення” та № 9/21 “Сучасні тенденції просторово-часового розподілу хімічних складових атмосфери над територією України на основі інтеграції даних вимірювань” (тут і в подальшому замовником НДР є Управління гідрометеорології ДСНС України).

В межах цих робіт співробітниками ЛМАП (Баштаннік М.П., Надточій Л.М. та ін.) досліджено особливості розподілу забруднення атмосферного повітря в містах України, визначено особливості сезонної та міжрічної динаміки забруднюючих речовин, а також всебічно проаналізовано вплив метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери та кожної його складової на розподіл шкідливих домішок. Особливу увагу приділяється впливу метеорологічних умов на характер забруднення атмосферного повітря. Результатом проведення цієї низки досліджень стала дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук Надточій Л.М. “Вплив метеорологічних умов на формування рівня забруднення атмосферного повітря в промислових містах України”.

Окремо в межах цих тематик розроблено (Кіптенко Є.М., Козленко Т.М. та ін.) методики короткочасного прогнозування високих рівнів забруднення в деяких містах України, а саме: Маріуполь, Запоріжжя, Кривий Ріг. Всі ці методики вдало пройшли виробничі та авторські випробування та впроваджені в оперативну роботу УкрГМЦ з 02.02.2021 року. На даний момент розробляється методика для міста Миколаїв. В межах цих робіт всебічно аналізується інформація про джерела викидів забруднюючих речовин, метеорологічні та кліматичні умови, екстремальні ситуації, синоптичні особливості даного міста зі створенням рівнянь множинної регресії.



Розподіл метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери по території України за період 2000–2014 рр.

Дані методики мають справджуваність більше 90%, а процес розрахунків повністю автоматизується.

Приведення нормативної бази діючої мережі спостережень у відповідність до міжнародних стандартів. В зв'язку з підписанням Угоди про Асоціацію Україна-ЄС та необхідністю її імплементації в ЛМАП починаючи з 2016 р. проводиться роботи з приведення нормативної бази діючої мережі спостережень у відповідність до стандартів ЄС. Такі дослідження проводились як в межах тематики 2/16 "Приведення нормативної бази існуючої системи спостережень за забрудненням атмосферного повітря у відповідність до нормативних документів ЄС", так і продовжуються в межах виконання наступних НДР. В межах виконання зазначених досліджень співробітниками ЛМАП (Дворецькою І.В., Баштаннік М.П. та ін.) було проаналізовано нормативні документи Європейського Парламенту та Ради, міжнародний досвід та рекомендації щодо їх застосування, а також проводились консультації з міжнародними експертами. В результаті проведених досліджень було розроблено рекомендації

щодо Приведення нормативної бази існуючої системи спостережень за забрудненням атмосферного повітря у відповідність до вимог нормативних документів ЄС, які впроваджено в оперативну діяльність Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО) в 2019 р. В процесі роботи над рекомендації співробітниками лабораторії у співпраці зі співробітниками ЦГО та Управління гідрометеорології було розроблено Наказ МВС № 154 від 28.02.2018 р. Про затвердження Порядку здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі. Розроблені рекомендації також було частково використано при розробці наступних наказів МВС даного напрямку. Співробітники ЛМАП також брали участь в розробці Постанови Кабінету Міністрів України № 827 від 14.08.2019 р. "Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря".

В процесі виконання робіт даного напрямку як в межах виконання НДР 2/16, так і подальших досліджень співробітниками лабораторії виділено зони моніторингу атмосферного повітря на території України, проаналізовано міста за рівнем забруднення, досліджено динаміку викидів основних і специфічних забруднюючих речовин на території України за районами в межах областей, проаналізовано об'єми викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у містах, метеорологічні, кліматологічні та орографічні особливості території тощо. Результатом даних робіт стали пропозиції щодо розташування пунктів спостережень як для всієї території України, так і в окремих містах, а також пропозицій щодо удосконалення діючої мережі спостережень в містах з нижче за середній рівнями забруднення.

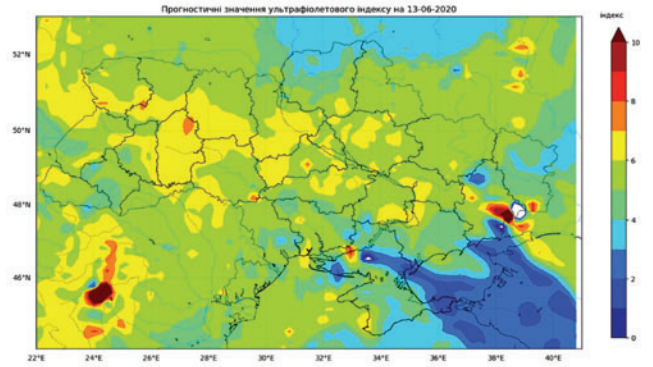
Аналіз стану озонового шару та полів ультрафіолетової радіації. В ЛМАП ведеться постійна робота з аналізу динаміки озонового шару як над територією України, так і в глобальному розрізі. В лабораторії збираються та зберігаються результати щодобового контролю значень загального вмісту озону (ЗВО) та УФ-індексу, здійснюється їх аналіз та вивчення аномалій. Це дає змогу діагностування появи аномалій загального вмісту озону, що найчастіше спостерігаються у лютому–березні, проте найбільшу небезпеку несуть у червні–липні, призводячи потенційно до підвищення рівнів ультрафіолетового опромінення. Дослідження ЗВО у лабораторії дозволили виявляти динамічну природу появи озонових аномалій, пов'язаних зі змінами стратосферного полярного вихору, циркуляцією Брюера–Добсона та короткочасною адвекцією атмосферного повітря на висотах. Результати дос-



Виділені зони моніторингу якості повітря на території України

лідження динаміки вмісту озону над територією України за даними наземних та супутникових спостережень впроваджено у ЦГО. Окремі дослідження проводяться з врахування глобальних та регіональних змін загального вмісту озону. Також в лабораторії функціонує розроблена к. геогр. н., с. н. с. Дворецькою І.В. в 2012 р. автоматизована система спостережень вмісту озону та полів ультрафіолетової радіації, а також їх прогнозування, за даними супутникових спостережень за вмістом озону Global Ozone Monitoring Experiment-2 (GOME-2) та Sentinel-5P, прогностичних моделей GFS та WRF.

Дослідження результатів аерологічного радіозондування атмосфери. Як було зазначено вище, одним з напрямків досліджень у лабораторії атмосферного повітря є вивчення просторово-часового розподілу метеорологічних величин на висотах у тропосфері та нижній стратосфері. Такі роботи розпочалися з розрахунків регресійних залежностей між значеннями метеорологічних величин на висотах та загальним вмістом озону під час розробки автоматизовану систему спостережень вмісту озону та полів ультрафіолетової радіації. Ці роботи знайшли своє продовження в розробці методів критичного контролю якості даних аерологічного радіозондування, що лягло в основу НДР 9/18 “Удосконалення методів критичного перегляду результатів радіозондування мережі аерологічних станцій та аналіз стану озонового шару над територією України”. Результатом цієї НДР стала розробка (Савенець М.В.) методів критичного контролю якості даних аерологічного радіозондування атмосфери та програмного забезпечення для роботи із оперативною та режимною аерологічною інформацією. Критичний



Прогностичні дані УФ-індексу на 13.06.2020 р.

контроль даних радіозондування атмосфери дозволяє виявляти помилкові значення температури повітря, геопотенціалу, відносної вологості повітря, швидкості та напрямку вітру, температури точки роси, що виміряні радіозондом під час зондування на аерологічних станціях території України. Перевагою розробленого методу у порівнянні з існуючими аналогами у світі стала додаткова перевірка аномальних відхилень метеорологічних показників, що зазвичай видаляється із рядів спостережень як ненадійні дані. Метод критичного контролю є комплексним та поєднує 6 видів часткового контролю єдиним алгоритмом роботи. До загальної схеми контролю входять контроль на фізично-допустимі межі показників, контроль екстремальних відхилень, часовий контроль, горизонтальний контроль полів метеорологічних величин на стандартних ізобаричних рівнях, вертикальний та гідростатичний контроль за профілями метеорологічних параметрів. Отримані результати досліджень та розробле-



Програмне забезпечення для оброблення даних температурно-вітрового радіозондування атмосфери

ний метод контролю стали фундаментом для створення програмного забезпечення для оброблення даних температурно-вітрового радіозондування атмосфери, що впроваджено у роботу ЦГО.

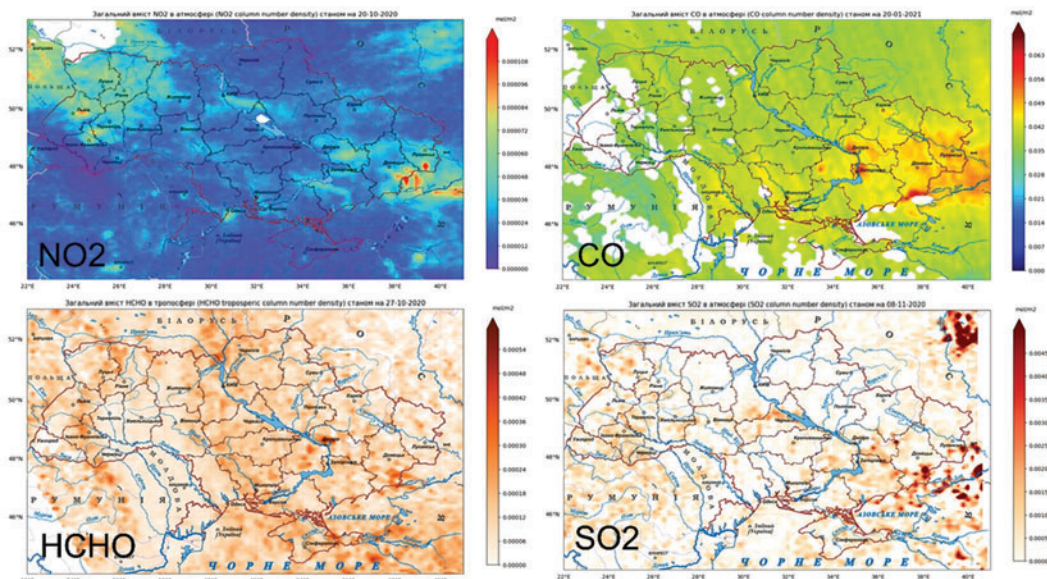
Дослідження результатів супутникових спостережень за розподілом забруднюючих речовин. Досвід роботи фахівців лабораторії моніторингу атмосферного повітря із супутниковою інформацією хімічних складових атмосферного повітря сприяє розробці методів отримання даних та аналізу забруднення території України з використанням найсучасніших супутникових систем. Створено єдину в Україні автоматизовану систему оперативного моніторингу якості атмосферного повітря на основі даних зондування супутника Sentinel-5P, що характеризується найкращою просторовою роздільною здатністю супутникових даних діоксиду азоту (NO_2), монооксиду вуглецю (CO), формальдегіду (HCHO), діоксиду сірки (SO_2) та аерозолі. Ці роботи частково продовжуються в НДР 9/21 "Сучасні тенденції просторово-часового розподілу хімічних складових атмосфери над територією України на основі інтеграції даних вимірювань" та розділі 4 "Система супутникового моніторингу хімічних складових атмосферного повітря над територією України" НДР "Розроблення багатопільового геопорталу моніторингу та прогнозування стану навколишнього природного середовища" на замовлення НАН України.

Щодня оперативні дані супутника Sentinel-5P завантажуються у автоматичному режимі, проходять фільтрування та видалення ненадійних та помилкових даних, обробляються, архівуються та візуалізу-

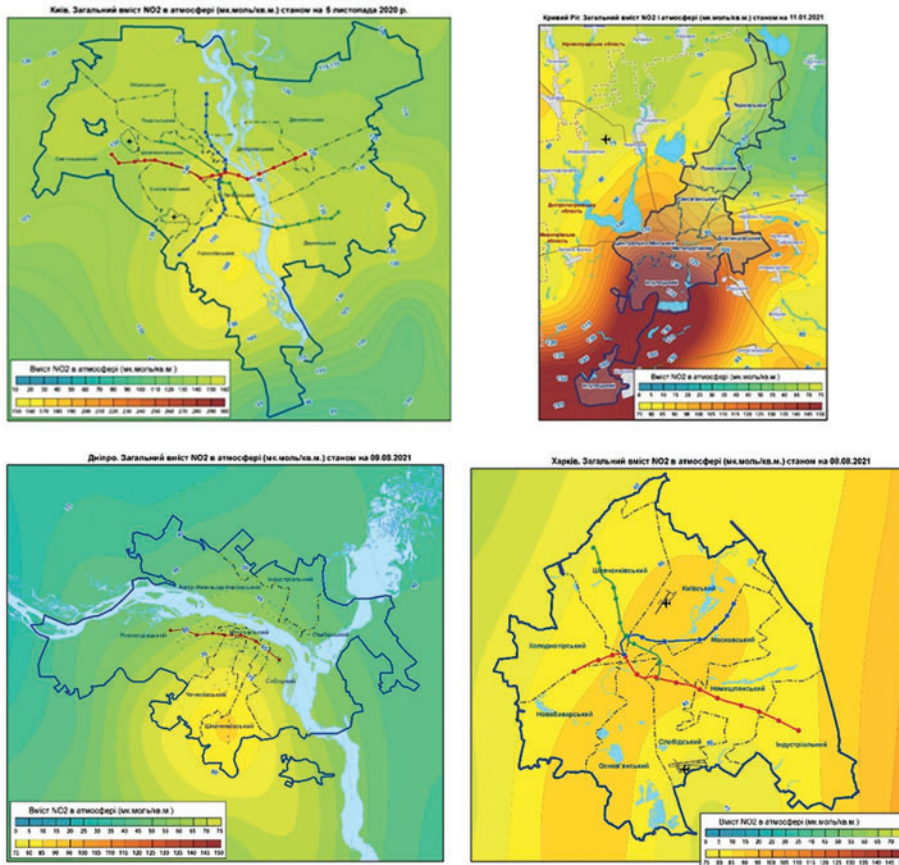
ються у вигляді картосхем просторового розподілу забруднюючих речовин.

Це дозволяє отримувати якісну картину стану забруднення атмосферного повітря над територією України з повним просторовим охопленням. На основі результатів моніторингу стає можливим ідентифікувати основні міста-забруднювачі конкретного дня, незалежно від наявності чи відсутності наземних вимірювань, що може свідчити про можливість потенційного перевищення допустимих рівнів забруднення атмосферного повітря. Отримана інформація дозволяє виявити випадки транскордонного перенесення забруднюючих речовин на висотах, проаналізувати поширення шлейфів забруднення від джерел викидів за переважаючим напрямком вітру, а також отримати інформацію про масштаби погіршення якості атмосферного повітря в результаті лісових пожеж.

Розроблено (Савенець М.В.) методи деталізації оперативної супутникової інформації щодо забруднення атмосферного повітря над окремими містами, що дозволяють більш детально аналізувати якість атмосферного повітря у містах. Подібна деталізація супутникових даних над містами розробляється для усіх обласних центрів та великих міст території України. Використання супутникових даних дозволило виявити потужні викиди та проаналізувати стан забруднення атмосферного повітря у містах, де відсутні наземні спостереження, серед яких Бурштин, Ладижин, Курахово, Новий Світ (Донецька область), Зміїв та інші. Дані Sentinel-5P показали, що викиди великих міст та найпотужніших теплових електростанцій в Україні можуть погіршувати якість



Картосхеми просторового розподілу деяких хімічних складових атмосферного повітря на основі оперативних даних супутника Sentinel-5P



Просторовий розподіл діоксиду азоту над містами Київ, Кривий Ріг, Дніпро та Харків на основі оперативних даних Sentinel-5P

атмосферного повітря на відстані до 200 км за переважаючим напрямком вітру. Вперше вдалося оцінити негативні наслідки забруднення узбережжя Чорного та Азовського морів під час туристичного сезону внаслідок хаотичного неконтрольованого руху моторних човнів та яхт. У місцях найбільшого потоку відпочиваючих влітку від викидів морського транспорту спостерігається погіршення якості атмосферного повітря до середніх рівнів забруднення великих міст. За допомогою супутникових даних виявлено причини зміщення періоду формування максимальних значень вмісту монооксиду вуглецю з лютого на березень-квітень, що спостерігається над територією України, проте не є характерним для більшості країн Європи. Це відбувається внаслідок численних пожеж на полях у березні-квітні під час спалювання травостою. Виявлено характерні сезонні особливості зміни вмісту забруднюючих речовин у загальному стовпі атмосфери.

МІЖНАРОДНЕ НАУКОВЕ СПІВРОБІТНИЦТВО

Співробітники Відділу беруть активну участь в міжнародних проектах, серед яких за останні п'ять років можна виділити наступні.

Лабораторія супутникових досліджень:

- DAWBEE1-2 (Data access for Western Balkans and East European countries) на замовлення Організації по експлуатації метеорологічних супутників в м. Дармштад, Німеччина (2010–2014);
- Contract CCR.IES.C390895 European Commission JRC “Improved input data and calibration MARS crop yield forecasting system over Ukraine” на замовлення Наукового центру ЕК у м. Іспра (JRC), Італія (2015);
- Проект MODEXTREME FP-7 (European Project № 613817). Моделювання росту і розвитку сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату з використанням комплексного модельного підходу BIOMA на замовлення Європейської Комісії, Брюссель (2013–2016);
- Global Yield Atlas на замовлення Університет Вахенінген, Нідерланди (2017–2021);
- Нарощування потенціалу та дослідження щодо моніторингу та оцінки біопродуктивності та прогнозування врожаю за допомогою системи моделювання росту сільськогосподарських культур (CGMS) на замовлення Регіональний Екологічний Центр Центральної Азії (РЕЦЦА), Алмати, Казахстан (2020–2021).

Співробітники **лабораторії моніторингу атмосферного повітря** з 2018 р. є учасниками проектів Пан-Євразійського експерименту PEEХ:

- Enviro-PEEX on ECMWF “Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Modelling Platform research and development for online coupled integrated meteorology-chemistry-aerosols feedbacks and interactions in weather, climate and atmospheric composition multi-scale modelling” (2018–2020 pp.);
- Enviro-PEEX(Plus) on ECMWF “Research and development for integrated meteorology — atmospheric composition multi-scales and — processes modelling for the Pan-Eurasian Experiment (PEEX) domain for weather, air quality and climate applications” (2021–2023 pp.).

Проекти зосереджені на використанні онлайн-інтегрованого моделювання для дослідження впливу аерозольних та хімічних складових атмосферного повітря на перебіг метеорологічних процесів; вивченні впливу аерозолі на радіаційні потоки та мікрофізичні процеси у хмарах; розробки параметризацій у метеорологічних моделях, асиміляції даних хімічних складових та тестуванні граничних і початкових умов у моделях.

У 2020 р. у лабораторії моніторингу атмосферного повітря отримано індивідуальні гранти для проведення досліджень із використанням високо-ефективних комп’ютерних обчислень за проектом HPC-Europa3 “Transnational Access Programme for a Pan-European Network of HPC Research Infrastructures and Laboratories for scientific computing”, що фінансується ЄС. У рамках виконання гранту на тему “Integrated modelling for assessment of potential pollution regional atmospheric transport as result of accidental wildfires” проводиться інтегроване моделювання для оцінки потенційного впливу забруднення атмосферного повітря на регіональному рівні у результаті лісових пожеж на території України. Моделювання здійснюється на фінському суперкомп’ютері “Puhti — Bull Sequana X1000”. На основі індивідуальних грантів HPC-Europa3, створено спільний проект науковців з України, Фінляндії, Данії та Норвегії “PEEX Modelling Platform research and development through HPC-Europa3 Transnational Access Programme” (<https://researchportal.helsinki.fi/en/projects/peex-mp-europa3-peex-modelling-platform-research-and-development->) (2020–2022 pp.).

ПІДГОТУВАННЯ НАУКОВИХ КАДРІВ

За останні п’ять років в лабораторії моніторингу атмосферного повітря Відділу захищено дві кандидатські дисертації на здобуття наукового ступеню кандидата географічних наук за спеціальністю

11.00.09 — метеорологія, кліматологія, агрометеорологія, а саме:

- Савенець М.В. “Сезонна та довготермінова мінливість основних аерологічних характеристик над територією України”, 2018 р.
- Надточій Л.М. “Вплив метеорологічних умов на формування рівня забруднення атмосферного повітря в промислових містах України”, 2021.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ДІЯЛЬНОСТІ

В подальшому у Відділі моніторингу атмосфери планується розширити дослідження в межах основних напрямків.

В лабораторії супутникових досліджень:

- розвиток та адаптація сучасних технологій отримання та первинної обробки даних з нової генерації оперативних метеорологічних супутників (MTG);
- розробка методів визначення, прогнозування та попередження про стихійних гідрометеорологічних явища за супутниковими даними та даними грозопеленгації з використанням сучасних технологій передачі інформації (Web інтерфейс, СМС повідомлення);
- розробка та вдосконалення системи моніторингу стану, прогнозування врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур в Україні з використанням методів агрометеорологічного моделювання за біофізичними моделями та супутникових даних.

Окрему увагу планується приділити наступним напрямкам:

- розробці методів, що засновані на фізико-статистичному аналізі залежності характеристик електромагнітних полів блискавок від інтенсивності небезпечних та стихійних явищ погоди (грози, шквали, сильні зливи, град) на території України за допомогою системи грозопеленгації;
- розробці програмні засоби доступу до HTTP серверу з результатами визначення та надкоротко-строкового прогнозування небезпечних та стихійних явищ погоди (грози, шквали, сильні зливи, град) на території України за даними системи грозопеленгації;
- оновленню технічних та програмних засобів для отримання оперативних даних з геостационарного метеорологічного супутника МЕТЕОСАТ третього покоління (MTG).

В лабораторії моніторингу атмосферного повітря:

- дослідження динаміки викидів основних і специфічних забруднюючих речовин на території України, моделювання умов та інтенсивності за-

бруднення на основі наземних та супутникових спостережень;

- дослідження зв'язку забруднення атмосферного повітря з метеорологічними та синоптичними умовами в період глобальних змін клімату;
- розроблення методів приведення супутникових та модельних даних щодо вмісту забруднюючих речовин в атмосфері до приземних концентрацій зазначених домішок в атмосферному повітрі міст України з метою оптимізації системи моніторингу атмосферного повітря та методів прогнозування зміни його якості;
- розробка методів моделювання забруднення атмосферного повітря з використанням моделі Enviro-HIRLAM;
- дослідження еволюції озонового шару в умовах довготермінової мінливості клімату;
- дослідження клімату вільної атмосфери, та зв'язку сучасних кліматичних змін з мінливістю малих газових складових атмосфери;
- розробка та удосконалення методів контролю радіозондування атмосфери.

Окрему увагу планується приділити дослідженню просторово-часового розподілу хімічних складових атмосферного повітря над територією України з використанням даних як наземних спостережень, так і результатів супутникових вимірювань типу Sentinel-5P для розробки методів моделювання рівнів забруднення територій з відсутніми вимірюваннями та в промислових містах України. А саме:

- визначити та проаналізувати високі рівні забруднення атмосферного повітря як в промислових містах України, так і на неохоплених наземними

вимірюваннями територіях за даними Sentinel-5P;

- проаналізувати перенесення забруднюючих речовин від джерел емісії та транскордонного перенесення;
- провести моделювання рівнів забруднення атмосферного повітря з прогнозуванням максимальних концентрацій в м. Миколаїв;
- дослідити просторово-часовий розподіл забруднюючих речовин на території України з використанням даних як наземних, так і супутникових спостережень;
- провести щодобовий контроль стану озонового шару, полів УФ-індексу, а також значних емісій забруднюючих речовин, що призвели до погіршення якості атмосферного повітря на території України.

Також у Відділі планується:

- здійснювати науково-експертну діяльність в інтересах та на замовлення органів державної влади, місцевого самоврядування та ін.;
- більшу увагу приділити патентуванню інноваційних розробок відділу та публікації наукових результатів у виданнях, що мають цитування в індексованих провідних науко-метричних базах даних (Web of Science, Scopus);
- сприяти підготовці студентів, аспірантів і докторантів через навчання в аспірантурі та співпрацю з вищими навчальними закладами, зокрема, Київським національним університетом імені Тараса Шевченка; проводити керівництво студентською науковою роботою, практикою студентів, рецензування та опонування дисертацій, надавати відгуки на автореферати, експертні висновки.



ГІДРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Л. Горбачова, Б. Христюк, В. Розлач, О. Аксюк

Відділ гідрологічних досліджень було створено у 1953 році на базі Київської науково-дослідної гідрологічної обсерваторії (КНДГО). Обсерваторія була започаткована в лютому 1944 року за ініціативи Огієвського А.В. з основним напрямком досліджень — короткострокові та довгострокові прогнози весняного водопілля та дощових паводків. З 1950 року, за керівництва Каганера М.С., переважаючими в обсерваторії стали режимні та описові роботи. Так, було проведено узагальнення матеріалів щодо водних ресурсів річок півдня України (Каганер М.С., Мокляк В.І., Айзенберг М.М.). Результати дослідження використовувались Укргіпродгоспом при водогосподарському проектуванні, а також УкрГІДЕПом при розробці схеми будівництва Каховської ГЕС. Надалі, узагальнені матеріали за режимом річок України стали основою для створення 4-х томного довідника по водним ресурсам.

Дослідження в обсерваторії також були пов'язані з проведенням польових експериментів за темами "Весняний стік малих річок УССР" та "Вплив лісу та агротехнічних заходів на стік з малих водозборів" під керівництвом Онуфрієнко Л.Г. Було складено гідрографічні описи річок України.

З 1 березня 1953 р. КНДГО ввійшла до складу УкрНДГМІ, де у відділі гідрологічних досліджень, під керівництвом Онуфрієнко Л.Г., продовжувалися дослідження розпочаті переважно в КНДГО, зокрема роботи по складанню та підготовці до друку довідника по водним ресурсам України в 4 томах за редакцією Каганера М.С.

У цей час у відділі продовжувалось дослідження річного та весняного стоку річок України (на той час Української Радянської Соціалістичної Республіки (УРСР) (Онуфрієнко Л.Г.), водного балансу малих водозборів та питань ґрунтової гідрології (Шпак І.С.), розроблялись методи прогнозування основних елементів гідрологічного режиму річок України (Каганер М.С., Огієвська В.А., Романенко В.А. та ін.), досліджувався гідрологічний режим дніпровських водосховищ, що дозволило розрахувати водний баланс водосховищ та визначити роль бічної приточності з водотоків (Кривошеєва І.Т., Рудометов М.В., Каганер М.С.).

Великим надбанням цього часу стало створення серії видань узагальнених матеріалів водного фонду "Ресурсы поверхностных вод СССР". Видання

складалося з серії довідників: "Гидрологическая изученность", "Ресурсы поверхностных вод СССР" та "Описание отдельных рек, озер и водохранилищ". У 6 томі були представлені гідрологічні дослідження території України [1].

Значний розвиток та суттєве розширення спектру гідрологічних досліджень відбулося, коли у 1963 р. до складу відділу гідрологічних досліджень приєднався 41 співробітник Інституту гідрології та гідротехніки АН УРСР та Богуславська гідрологічна станція. До штату відділу входила група науковців з вивчення селей, лавин та льодових явищ, лабораторія гідрологічних прогнозів і лабораторія гідрологічного обґрунтування водогосподарських і радіоекологічних проблем. Загальна чисельність відділу досягла 61 співробітника [1, 4].

Науковці з Інституту гідрології та гідротехніки АН УРСР продовжили роботи щодо розрахунку максимальних витрат води під час водопілля та паводків (Мокляк В.І., Вишневський П.Ф., Железняк Й.А.), розрахунку внутрішньорічного розподілу стоку, вивчення ресурсів стоку та водного балансу територій, дослідження карсту та його впливу на річковий стік (Дрозд Н.І.), розрахунку мінімального стоку річок (К.А. Лисенко), прогнозів елементів гідрологічного режиму річок (Крижанівська А.Б.) та ін. [1].

Відділ здійснював вивчення закономірностей гідрологічних процесів у різноманітних фізико-географічних районах України, розробку, вдосконалення на цій основі методів гідрологічних розрахунків та прогнозів. Проводилося науково-методичне керівництво роботами, що виконуються на водно-балансових, селестокових, сніголавинних станціях і прогностичними підрозділами Українського Управління з гідрометеорології та контролю природного середовища, надавалися консультації науково-дослідним, проектним, водогосподарським установам щодо гідрологічних розрахунків і прогнозів.

Варто відмітити, що у відділі було розроблено методи гідрологічних розрахунків, які ввійшли до складу видання СНІІПА 2.01.14-83 щодо розрахунку основних гідрологічних характеристик річок України та Молдови [5]. Саме це видання було головним документом при гідрологічних розрахунках і широко використовувалося проектними, водогосподарськими організаціями, науковцями, дослідниками

декілька десятиліть на теренах Радянського Союзу. Зазначимо, що цей документ є і досі діючим в Україні. Крім того, у цей час виконані значні роботи щодо математичного моделювання умов формування дощового та талого стоку, розробці на цій основі методів автоматизованих прогнозів паводків на гірських річках України.

З кінця 80-х рр. ХХ століття розпочались дослідження у рамках міжнародного співробітництва придунайських країн в області моделювання умов формування стоку річок, а також підготовці гідрологічної монографії басейну Дунаю (Щербак А.В.) [4].

Кінець ХХ ст. із появою ЕОМ охарактеризувався початком створення бази даних у цифровому форматі, автоматизації обчислень, що сприяло більш швидким розрахункам, прогнозам та вищій точності отриманих результатів. У цей час інтенсивно застосовується математичне (комп'ютерне) моделювання процесів формування стоку. Відбувся розвиток та удосконалення методичних баз, а також створення новітніх технологій прогнозування повеней та паводків на засадах дослідження та математичного моделювання процесів їхнього формування з урахуванням ландшафтних умов. Було розроблено та впроваджено в оперативну практику служби гідрометеорологічного забезпечення басейнові інформаційно-прогностичні системи (Сусідко М.М., Маслова Т.В., Лук'янець О.І.). Окрім прогнозування, велися інтенсивні дослідження в області гідрологічних розрахунків, а особливо розробки методів розрахунків притоку води до водосховищ (Пашова Л.Т., Шерешевський А.І.) [2].

Дослідженнями селевих потоків в Українських Карпатах та Кримських горах упродовж багатьох років займалась велика група провідних фахівців відділу Айзенберг М.М., Оліферов А.М., Яблонський В.В., Лундін С.М., Тищенко О.С., Боева О.Г., Дезірон О.В., Грищенко В.Ф., Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Результатом багаторічних досліджень і кропіткої праці багатьох фахівців відділу під керівництвом Сусідка М.М. стало розроблення методики оцінювання та прогнозування сільових явищ та процесів у басейнах рр. Тиси, Дністра, Пруту, та Сірету. Ця методика ґрунтується на закономірностях їхнього просторового поширення та інтенсивності на гірських водозборах річкових басейнів Тиси, Дністра, Пруту та Сірету.

З 1965 року почалося систематичне вивчення снігових лавин в Українських Карпатах у зв'язку зі складанням карти лавинонебезпечних районів СРСР і підготовкою "Указаний по учету лавиноопасности и расчету нагрузок при проектировании сооружений". Роботи проводилися спочатку Київською гідрометеорологічною обсерваторією

(під керівництвом Айзенберга М.М. та Михайлової К.Л.), а потім сніголавинним загоном Карпатської (пізніше Української) експедиції по вивченню стихійних гідрометеорологічних явищ УкрНДГМІ за безпосередньою участю і під керівництвом Грищенка В.Ф. У різні роки участь в експедиційних роботах, і, що важливо, у виконанні науково-дослідних робіт зі сніголавинної тематики приймали працівники відділу: науковий керівник роботи, канд. геогр. наук Грищенко В.Ф., начальник сніголавинного загону Аксюк О.М., учасники експедицій Крижанівський П.М.; Боева О.Г., Гончаренко Г.А., Дезірон О.В., Ісаков В.М., Коробова Н.Г., Кучеренко О.Г., Ланшин В.П., Мамлеев А.Є., Сорока В.О., Сухомлинов Д.П., Шаріпов О.М. та ін. На сучасному етапі у відділі дослідженнями просторового поширення лавинної небезпеки займаються Аксюк О.М., Ланшин В.П., Гончаренко Г.А.

У відділі гідрологічних досліджень було сформовано і надалі продовжують свою діяльність дві наукові школи:

- Школа гідрологічних розрахунків.
- Школа гідрологічних прогнозів на основі математичного моделювання процесів формування стоку.

Школа гідрологічних розрахунків бере свій початок ще з перших гідрологічних досліджень в Україні, які виконано в 20-х роках ХХ ст. Кочеріним Д.І. Він розробив методи розрахунку різних характеристик річкового стоку. У подальшому до школи приєдналися Огієвський А.В. та Мокляк В.І., які удосконалювали формули розрахунку максимальних витрат води на річках України. З середини і до кінця ХХ ст. дослідження продовжено Вишневським П.Ф., Железняком Й.А., Онуфрієнком Л.Г., Рубцовим І.Г., Кочелобою Є.І., Романенком В.А., Пашовою Л.Т., Шерешевським А.І., роботи яких було присвячено розрахункам зливого стоку, руху води в річках і водосховищах, притоку води у водосховища тощо [2, 3]. На сьогодні школу гідрологічних розрахунків очолює д-р. геогр. наук, старш. наук. співроб., завідувач відділу з 2008 року Горбачова Л.О. та продовжують її учні канд. геогр. наук Заболотня Т.О., канд. геогр. наук Кошкіна О.В., аспіранти Приходькіна В.С. та Афтенюк О.О., а також дослідження канд. геогр. наук Христюка Б.Ф., роботи яких присвячено розробкам нових методологічних підходів щодо розрахунків гідрологічних характеристик та їхньому картуванню із застосуванням ГІС технологій тощо.

Школу гідрологічних прогнозів започаткували Огієвський А.В. та Каганер М.С., які присвячували свої дослідження розробкам теорії основних закономірностей формування поверхневого стоку річко-

вих басейнів та на їх основі — методів гідрологічних прогнозів. З 70-х років ХХ ст. школу прогнозування продовжив канд. геогр. наук Сусідко М.М., який започаткував застосування математичних моделей в задачах прогнозування весняного водопілля та паводків на основі дослідження процесів їхнього формування. Школу Сусідка М.М. продовжили його учні Маслова Т.В., канд. геогр. наук Лук'янець О.І., а в подальшому канд. геогр. наук Приймаченко Н.В., канд. геогр. наук Розлач В.О. та канд. геогр. наук Москаленко С.О. [2]. Створено інформаційно-прогностичні системи умов формування стоку для певних річкових басейнів, які і нині використовуються Гідрометцентром України для автоматизованого прогнозування повеней та паводків на річках. На сучасному етапі школу прогнозування очолює канд. геогр. наук, завідувач лабораторії з 2012 р. Христюк Б.Ф., роботи якого присвячено створенню прогностичних систем для коротко- та довгострокового прогнозування паводків різного походження на річках та продовжують роботи Горбачової Л.О. та Розлач В.В. Сучасні розробки базуються на використанні комп'ютерних моделюючих комплексів та розробки нових прогностичних систем з врахуванням чисельного прогнозу параметрів погоди, нових методологічних підходах розроблених Христюком Б.Ф., а також застосуванням наробок, які широко використовуються у світі, але з різних причин раніше не знайшли застосування в Україні.

На сучасному етапі **основними напрямками наукових досліджень відділу є:**

- дослідження гідрологічних явищ і процесів, розробка та удосконалення методів розрахунку характеристик водного режиму;
- вивчення закономірностей та процесів формування водного режиму річок і водосховищ, їхнього льодового та термічного режимів;
- розробка нових та удосконалення існуючих методів прогнозування характеристик водного режиму річок та водосховищ;
- з'ясування закономірностей територіального розповсюдження снігових лавин та їх режиму, пов'язаних із особливостями лавиноутворюючих природних чинників за різних фізико-географічних умов;
- гідрологічне обґрунтування будівництва водогосподарських об'єктів;
- вивчення умов формування і розрахунок водних ресурсів та водного балансу річкових басейнів;
- вивчення гідрологічних явищ і процесів, розробка і удосконалення методів розрахунку елементів гідрологічного режиму для проектування та будівництва;
- вивчення впливу гідротехнічних споруд і водогос-

подарських заходів в руслах річок і водосховищ на зміну природного гідрологічного режиму водоймищ і русло-берегоутворюючих процесів;

- розробка методів оцінки впливу антропогенних та кліматичних чинників на режим та баланс води і прогноз цього впливу на перспективу з урахуванням зміни чисельності населення та розвитку господарства;
- методичне керівництво науково-дослідними роботами з гідрологічного режиму, які виконуються прогностичними та спеціалізованими підрозділами управління гідрометеорології ДСНС України;
- розробка нових наукових гіпотез, схем розрахунків та прогнозів, моделей гідрологічних процесів, а також їхня перевірка на матеріалах експериментальних спостережень та в оперативній роботі.

У відділі працюють 1 фахівець вищої кваліфікації, тобто доктор наук та старший науковий співробітник, а також 4 фахівці з науковим ступенем кандидата наук:

1) д-р. геогр. наук, старш. наук. співроб.

Горбачова Л.А.;

2) канд. геогр. наук Христюк Б.Ф.;

3) канд. геогр. наук Заболотня Т.О.;

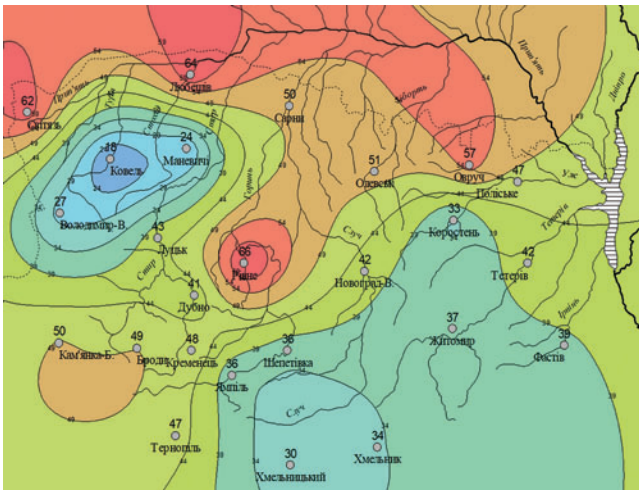
4) канд. геогр. наук Кошкіна О.В.;

5) канд. геогр. наук Розлач В.О.

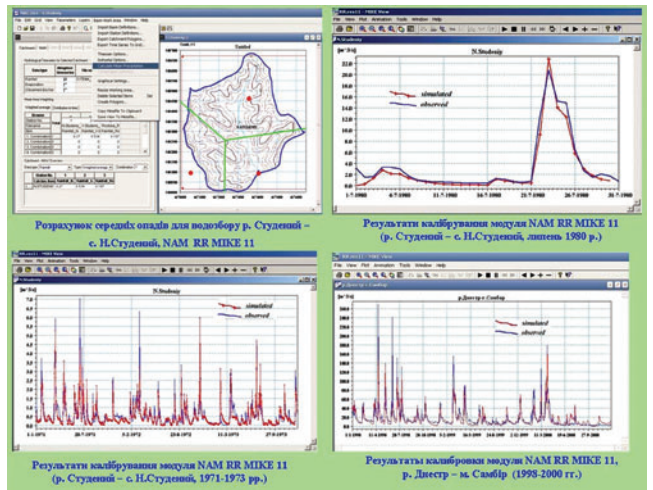
Станом на 01.09.2021 р. відділ має 21 науково-інженерну посаду.

У ХХІ столітті у рамках науково-дослідних тематик відділу, а також різних міжнародних і національних проектах було отримано наступні результати:

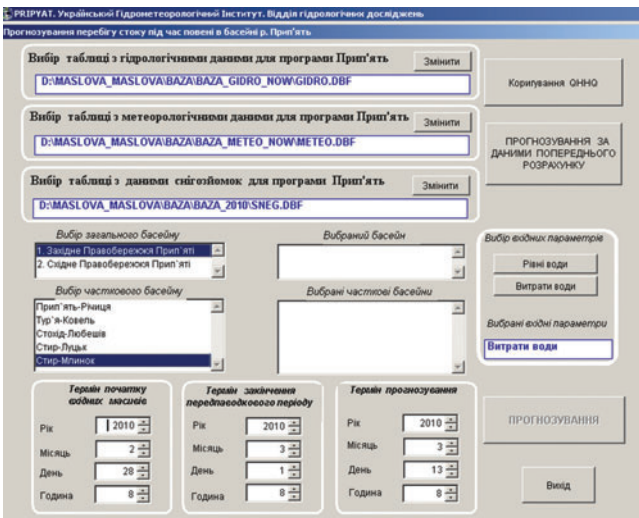
- створено автоматизований комплекс та басейнові системи довготермінового прогнозування весняної повені для басейнів річок Правобережжя р. Прип'ять, Середньої та Нижньої частини р. Дніпро, р. Сіверський Донець, р. Південний Буг, р. Західний Буг, р. Дністер, річок Приазов'я та Закарпаття (Сусідко М.М. Маслова Т.В., Лук'янець О.І.) [6, 7];
- створено басейнові системи короткотермінового прогнозування перебігу стоку води під час повені для річок р. Прип'ять, Середньої та Нижньої частини р. Дніпро, р. Південний Буг, р. Західний Буг, річок Закарпаття (Сусідко М.М. Маслова Т.В., Приймаченко Н.В., Розлач В.О. та Москаленко С.О.) [8–11];
- адаптовано модель Rainfall-Runoff моделюючого гідрологічного комплексу MIKE 11 (Данія) до річок Закарпаття та р. Дністер (Горбачова Л.О.) [12, 13];
- адаптовано гідродинамічний модуль програмного комплексу Mike11 на прикладі моделювання зон затоплення заплави р. Дніпро в межах м. Києва (Христюк Б.Ф.) [14];



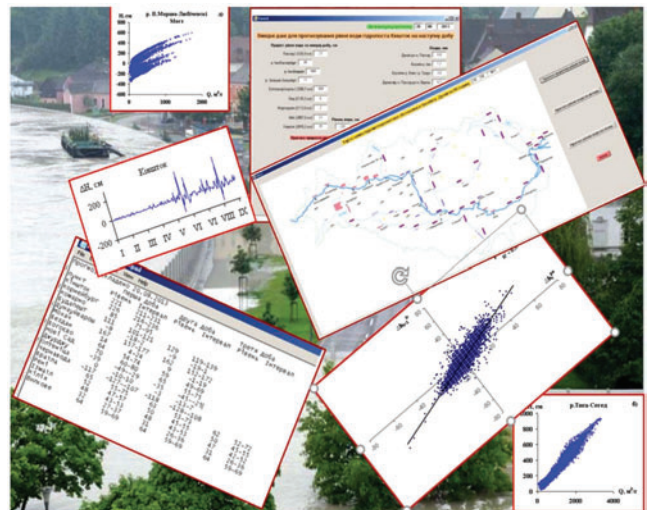
Приклад прогнозування шару поверхневого стоку, мм. Правобережжя р. Прип'ять



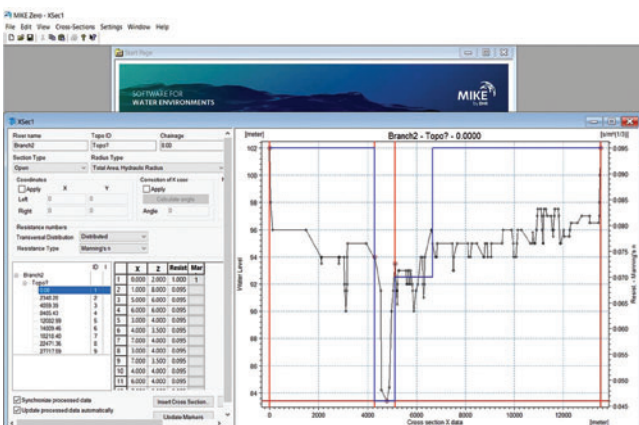
Калібрування моделі Rainfall-Runoff для водозборів річок Студений та Дністер



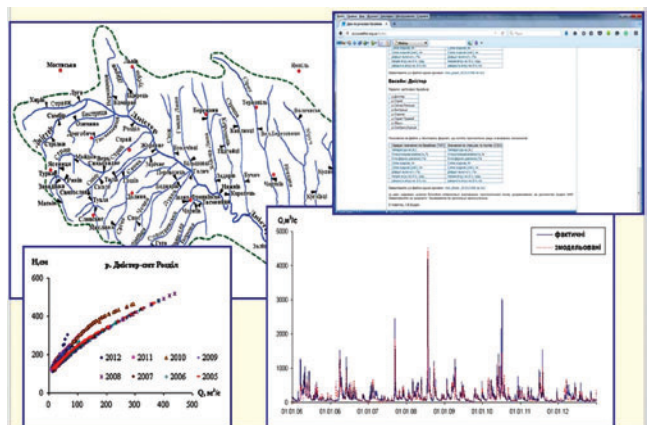
Система короткотермінового прогнозування перебігу стоку води під час повені для річок Правобережжя р. Прип'ять



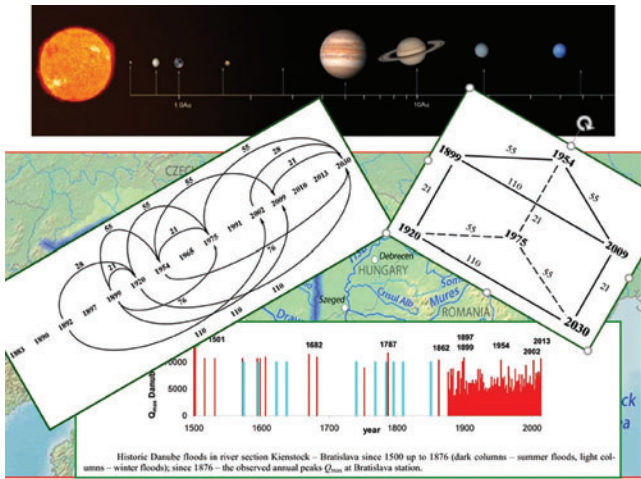
Результати прогнозування рівнів води судохідного Дунаю аналітично-експертною системою "Істер"



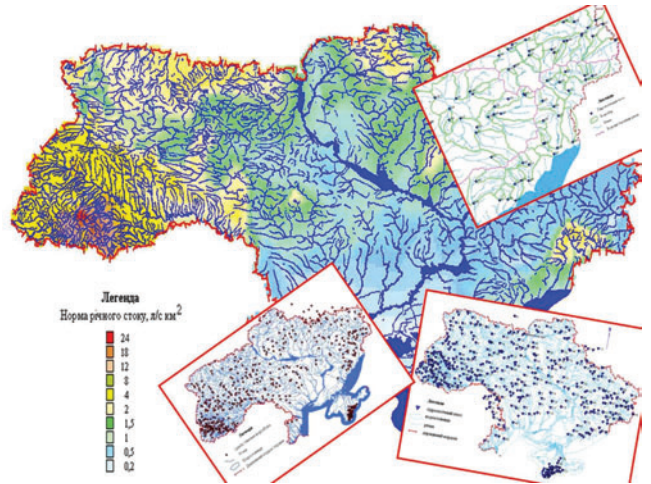
Поперечний переріз р. Дніпро біля Києва у HD Mike11



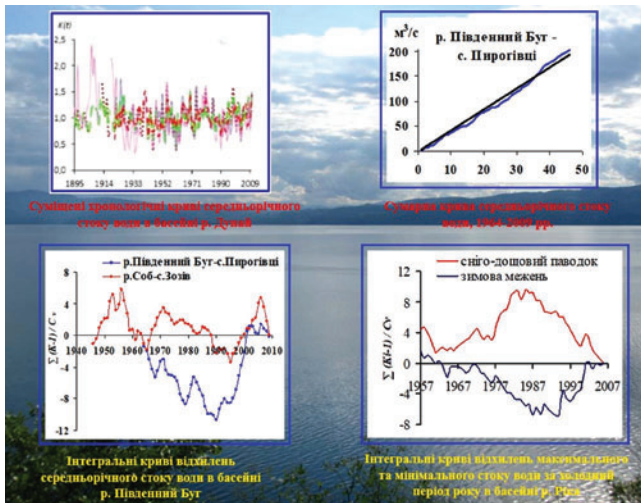
Автоматизована система безперервного короткотермінового прогнозування припливу води до Дністровського водосховища



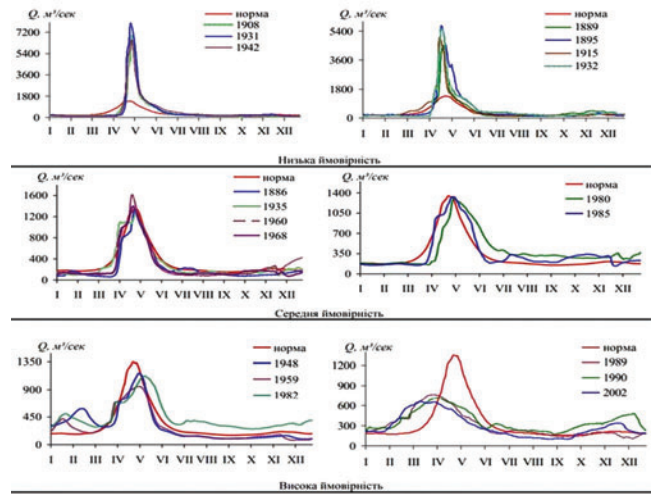
Приклад довгострокового прогнозування екстримальних весняних водопіль за інформаційною методикою Weng Wen-Bo на р. Дунай біля м. Братислава



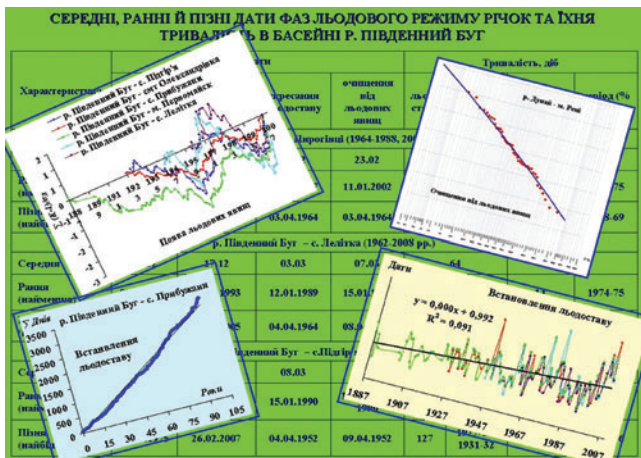
Приклад застосування методики просторового представлення гідрологічної інформації для побудови цифрової поверхні методом TIN-інтерполяції у ГІС MapInfo



Приклад застосування методики оцінки стаціонарності і однорідності гідрологічних характеристик за графічними методами



Приклад класифікації гідрографів подібних за формою з різною ймовірністю за критеріями аналогічності для р. Десна



Фрагмент довідника з характеристик льодового режиму для басейну р. Південний Буг

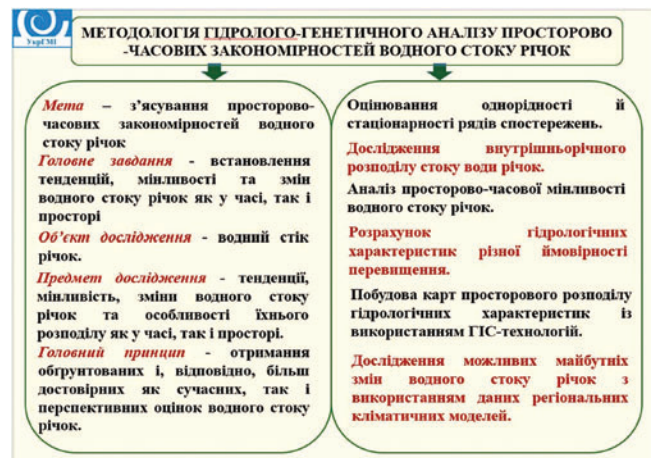
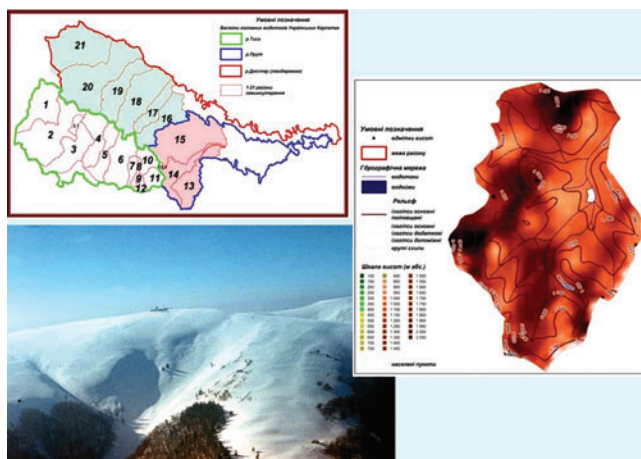
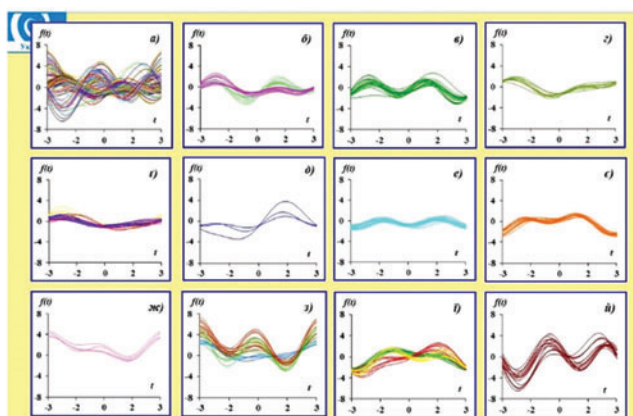


Схема гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок

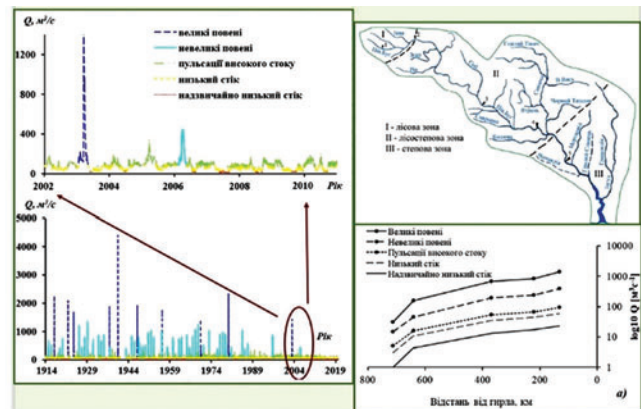
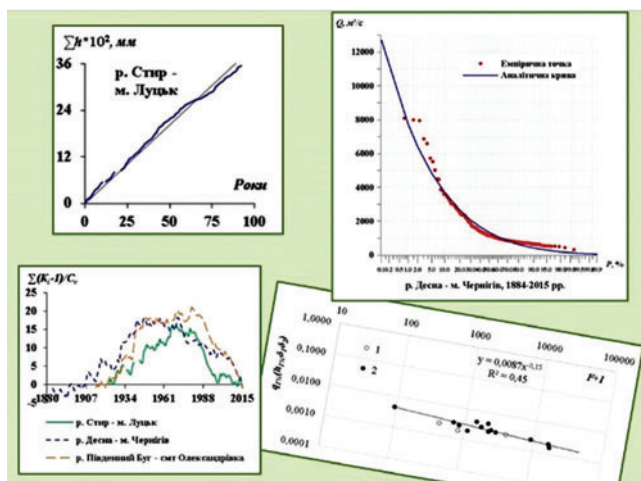


Приклад цифрових карт з Кадастру снігових лавин України

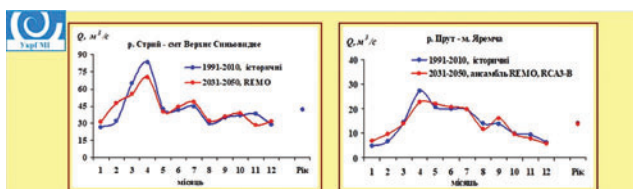


Криві Едрюса для гідрологічних районів, які виділені за умовами формування річного стоку води на території України

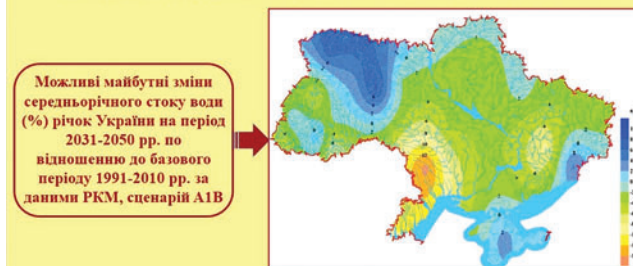
Районування річкових водозборів України за типами внутрішньорічного розподілу стоку води (зверху) та класифікація річкових басейнів на основі кривих Едрюса на прикладі середньорічного стоку води (знизу)



Приклад розрахунків щодо оновлення параметрів редукційної формули для визначення максимальних витрат води весняного водопілля та паводків зимового періоду року (зверху) та дослідження тенденцій максимального стоку за методом Indicators of Hydrologic Alteration (ІНА) р. Південний Буг (знизу)

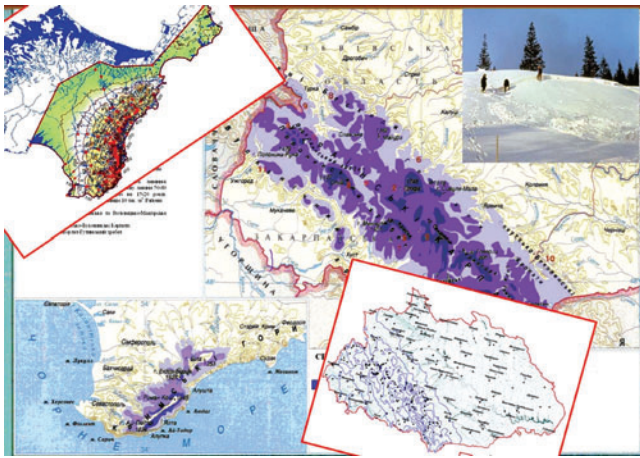


Багаторічні гідрографи за даними спостережень та їхні проєкції можливих змін

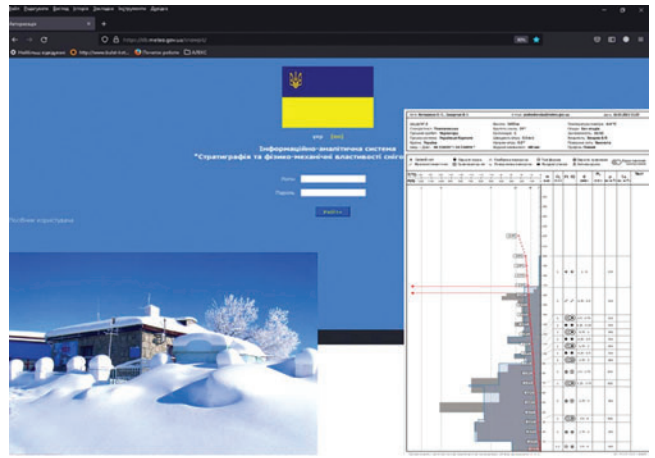


Можливі майбутні зміни середньорічного стоку води (%) річок України на період 2031-2050 рр. по відношенню до базового періоду 1991-2010 рр. за даними РКМ, сценарій А1В

Можливі майбутні зміни водного стоку річок на середину ХХІ століття використанням даних регіональних кліматичних моделей



Приклад цифрових карт з Довідника зі снігового покриття гірських районів України



Приклад цифрових карт з Довідника зі снігового покриття гірських районів України

- створено аналітично-експертну систему прогнозування рівнів води судохідного Дунаю "Істер" на основі методу відповідних рівнів води (Христюк Б.Ф.) [15, 16];
- створено автоматизовану систему безперервного короткотермінового прогнозування припливу води до Дністровського водосховища з урахуванням чисельного прогнозу параметрів погоди та використанням оперативної бази гідрометеорологічних даних УкрГМЦ (Христюк Б.Ф.) [17, 18];
- застосовано інформаційну методику Weng Wen-Bo для довгострокового прогнозування характеристик водного стоку рр. Дніпро, Братислава та Стир (Христюк Б.Ф., Горбачова Л.О.) [19-21];
- розроблено методику оцінювання стаціонарності і однорідності гідрологічних характеристик на основі гідролого-генетичних (графічних) методів, яка дозволяє отримати більш достовірні результати (Горбачова Л.О.) [22];
- розроблено методичні засади просторового представлення гідрологічної інформації з застосуванням географічних інформаційних систем (ГІС) (Горбачова Л.О.) [23, 24];
- створено довідник з характеристик льодового режиму річок і водосховищ України (Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф., Афтенюк О.О.) [25–28];
- розроблено методологію гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок (Горбачова Л.О.) [29];
- розроблено методику класифікації гідрографів річок за критеріями аналогічності та методику фасетної класифікації (Христюк Б.Ф., Горбачова Л.О., Кошкіна О.В., Приходькіна В.С.) [30–32];
- створено методологію дослідження можливих майбутніх змін водного стоку річок з використанням даних регіональних кліматичних моделей (Горбачова Л.О.) [33];

- виконано районування річкових водозборів України за типами внутрішньорічного розподілу стоку води та класифікацію і районування річкових басейнів на основі кривих Ендрюса на прикладі середньорічного стоку води (Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф.) [34, 35];
 - виконано дослідження розрахункових статистичних характеристик максимального стоку паводків різного походження річок України за наявності і відсутності гідрометричних спостережень різними методами (Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф., Заболотня Т.О., Розлач В.О., Приходькіна В.С.) [36–40];
 - створено Кадастр снігових лавин України (Карпати, Крим) (Грищенко В.Ф., Аксюк О.М., Гончаренко Г.А.) [41];
 - створено довідник зі снігового покриття в горах України, а також розроблено електронний "Атлас снігових лавин Українських Карпат" з використанням сучасних ГІС-технологій (Грищенко В.Ф., Аксюк О.М., Ланшин В.П., Гончаренко Г.А.) [42–43];
 - створено і запроваджено в оперативну практику автоматизовану інформаційно-аналітичну систему "Фізико-механічні властивості снігового покриття" (Аксюк О.М., Ланшин В.П., Гончаренко Г.А.) [44–46].
- Фахівці відділу активно приймають участь у міжнародному співробітництві. Так, у рамках міжнародного співробітництва з Віденським технічним університетом (м. Відень, Австрія) щодо визначення тенденцій європейських річок у зв'язку зі змінами клімату виконано аналіз тенденцій максимального стоку води річок України. Результати роботи опубліковано у спільних статтях у найвідоміших і рейтингових журналах "Science" и "Nature" [47, 48] (проект: The ERC Advanced Grant "FloodChange" project (no. 291152). Окрім цього, в останнє десятиліття

фахівці відділу приймали участь у наступних міжнародних проєктах:

- “Моніторинг та прогнозування повеней в басейні р. Прип’ять” міжнародної програми НАТО “Наука заради миру та безпеки” (2010–2011 рр., № 983516);
- “Зниження вразливості щодо екстремальних повеней та змін клімату в басейні р. Дністер” проєкту Ініціативи ENVSEC (Environment and Security Initiative) під егідою Організації по безпеці і співробітництву у Європі (ОБСЄ), Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) та ЮНЕП-ГРІД-Арендал (2010-2012 рр.)
- “Management of Transboundary Rivers between Ukraine, Russia and the EU — Identification of Science-Based Goals and Fostering Trilateral Dialogue and Cooperation” (Управління транскордонними річковими басейнами між Україною, Росією та ЄС — ідентифікація наукових цілей та сприяння трьохсторонньому діалогу та співробітництву), 2017 р.;
- Спільний україно-словацького проєкт за договором про безвалютний еквівалентний обмін між Національною академією наук України та Словацькою академією наук № 11 “Вплив глобальних змін клімату на водні ресурси України на основі оцінки мінливості водного стоку та компонентів гідрографа”, 2017-2019 рр.;
- Project No. 9 “Flood regime of rivers in the Danube River basin” у рамках міжнародного співробітництва країн басейну р. Дунай.

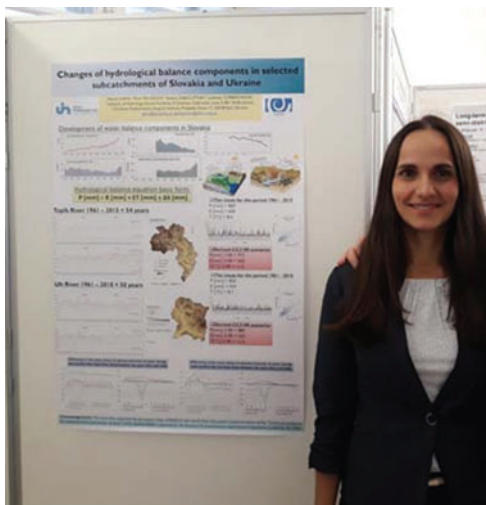
Результати цих досліджень опубліковано також у спільних статтях [49-52], а у рамках Project No. 9 взято участь у підготовці нової гідрологічної монографії басейну Дунаю [53].

Фахівці відділу приймають активну участь у міжнародних організаціях. Так, д-р. геогр. наук, старш. наук. співроб. Горбачова Л.О. є національним представником від України в керівному комітеті європейської мережі експериментальних й репрезентативних басейнів (ERB) Міжнародної гідрологічної програми (IHP) UNESCO, а також заступником голови Міжвідомчої комісії з питань участі у Міжнародній гідрологічній програмі ЮНЕСКО та Програми з гідрології та водних ресурсів Всесвітньої метеорологічної організації. Експертом з гідрології в Організації з безпеки і співробітництва в Європі (ОБСЄ) є канд. геогр. наук Кошкіна О.В.

Завідувачка відділу Горбачова Л.О. постійно приймає участь в організації та проведенні міжнародних конференцій під егідою ЮНЕСКО, які зазвичай проходять кожні 2 роки:

- міжнародна конференція Дунайських країн з гідрологічного прогнозування та гідрологічних основ водного управління;
- дворічна конференція ERB “Інноваційні методи моніторингу та моделюючі підходи для аналізу гідрологічних процесів у малих басейнах”.

Молоді фахівці відділу постійно працюють над удосконаленням своїх знань. Так, старший науковий співробітник, канд. геогр. наук Заболотня Т.О. проходила наукове стажування під керівництвом Prof. Günter Blöschl в Інституті гідротехніки та управління водними ресурсами Віденського технічного університету з 01.11.2018 р. до 30.04.2019 р., м. Відень, Австрія. Аспірант Афтенюк О.О. є учасником XVIII (2013–2014 рр.), XXIII (2018-2019 рр.) та XXVI (2021–2022 рр.) української антарктичної експедиції на антарктичній станції “Академік Вернадський”. В аспірантурі також навчається Приходькіна В.С.



Наукове стажування канд. геогр. наук Заболотньої Т.О. в Інституті гідротехніки та управління водними ресурсами Віденського технічного університету (зліва) та учасник декількох експедицій на антарктичній станції “Академік Вернадський” аспірант Афтенюк О.О. (справа)

Фахівці відділу є запрошеними рецензентами у фахових міжнародних журналах та статтей конференцій:

Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications (Poland), Acta Horticulturae et Regiotecturae (Poland), 9th International Symposium on Atmospheric Sciences ATMOS — 2019, October 23–26, 2019, Istanbul, Turkey (Горбачова Л.О).

Journal of Water and Land Development (Poland) та the 7th International Conference on Water Resource and Environment (WRE 2021), November 1–4, 2021, Xi'an, China (Христюк Б.Ф.).

Горбачова Л.О. викладає аспірантам УкрГМІ наступні дисципліни: “Визначення розрахункових гідрологічних характеристик” і “Моделювання та прогнозування небезпечних гідрологічних явищ”.

За останнє десятиліття співробітниками відділу було успішно захищено 1 дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук та 7 дисертацій — кандидата географічних наук:

2010 р. — *Приймаченко Н.В.* “Обґрунтування системи розрахунку характеристик паводків на гірських річках басейну Дністра на основі математичного моделювання процесів формування дощового стоку”, дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — канд. геогр. наук Сусідко М.М.

2012 р. — *Василенко Є.В.* “Характеристики весняного водопілля правобережних приток р. Прип'ять в сучасних кліматичних умовах”, дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — д-р. геогр. наук, професор Гребінь В.В.

2013 — *Розлач В.О.* “Дослідження умов формування дощових паводків у басейні Вісли (у межах України) та розроблення системи прогнозування максимального стоку на засадах математичного моделювання”, дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — канд. геогр. наук Сусідко М.М.

2013 — *Москаленко С.О.* “Прогнозування дощових паводків на річках правобережжя Прип'яті на основі моделювання процесів їх формування” — дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — канд. геогр. наук Сусідко М.М.

2015 — *Баужа Т.О.* “Просторово-часові закономірності водотоків у басейні р. Ріка”, дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний

університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — д-р. геогр. наук, старш. наук. співроб. Горбачова Л.О.

2015 — *Христюк Б.Ф.* “Особливості формування водного стоку річки Дунай та розробка методик його прогнозування”, дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — д-р. геогр. наук Осадчий В.І.

2017 — *Кошкіна О.В.* “Чинники, параметри та динаміка максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Десна”, дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — д-р. геогр. наук, старш. наук. співроб. Горбачова Л.О.

2017 — *Горбачова Л.О.* “Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз”, дис. ... д-р. геогр. наук: 11.00.07. — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада Д 26.001.22, науковий керівник — д-р. геогр. наук Осадчий В.І.

Відділ гідрологічних досліджень постійно здійснює і буде надалі здійснювати науково-методичний і технологічний супровід розроблених басейнових систем прогнозування паводків, повеней, льодових явищ і селів, які використовуються Українським гідрометеорологічним центром України. У зв'язку з цим, перспективним і необхідним напрямком досліджень є, і надалі буде залишатися, створення прогностичних систем водного режиму річок на основі сучасного математичного моделювання та із урахуванням оперативних кількісних прогнозів параметрів погоди за результатами розрахунків числових метеорологічних моделей для використання у оперативній гідрології.

Дослідження умов формування повеней та паводків різного генезису на річках, складання каталогів повеней та паводків по басейнах річок дозволить отримати сучасні уявлення, знання щодо просторово-часової мінливості таких явищ, а також можливих їхніх змін в умовах мінливості клімату.

Удосконалення методологічних основ розрахунків гідрологічних характеристик, оновлення за сучасними даними їхніх статистичних параметрів та їхнього просторового представлення із застосування географічних інформаційних систем (ГІС) в гідрологічних дослідженнях дозволить отримувати сучасні та достовірні оцінки стану водного режиму річок, у тому числі, і в картографічному вигляді.

Важливим напрямком досліджень є гармонізація національної системи спостережень за сніговим

покривом з Європейською системою моніторингу снігового покриву на підставі Меморандуму про взаєморозуміння для проведення європейського узгодженого дослідницького заходу, позначеного як дія COST ES1404: Європейська мережа для узгодженого моніторингу снігу в інтересах сценаріїв зміни клімату, гідрології та чисельного прогнозу погоди COST 032/14/ Брюссель, 15.05.2014. Статистичне і картографічне узагальнення результатів багаторічних спостережень за сніговим покривом на державній мережі гідрометеорологічних спостережень гірських районах України (Карпати, Кримські гори) від початку спостережень по 2020 рік включно, складання Довідника зі снігового покриву буде надавати можливість забезпечувати користувачів якісною інформацією, а також виявити сучасні тенденції снігового покриву гірських районів.

Забезпечення користувачів прогноною інформацією за Європейською шкалою лавинної небезпеки (EAWS), удосконалення і адаптація чинних ме-

тодів прогнозування лавинної небезпеки, розвиток і застосування трьох видів прогнозів настання лавинної небезпеки дозволить значно поліпшити не тільки національну систему попередження щодо лавинної небезпеки, але й тісно взаємодіяти з європейськими організаціями та структурами.

Підготовка монографій, узагальнюючих, довідкових видань надає можливість широкого ознайомлення вітчизняної та міжнародної наукової спільноти з науково-методичними розробками та результатами досліджень відділу, а також дозволяє профільним організаціям отримувати сучасні відомості щодо водного режиму річок України.

Такі напрямки досліджень повністю відповідають підходам, які широко використовуються в світі та дозволять забезпечувати як органи державної влади, так і всіх зацікавлених користувачів сучасною, якісною, достовірною інформацією щодо водних ресурсів країни, їхніх закономірностей, тенденцій тощо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гидрометеорологическая служба Украины за 50 лет Советской власти. Труды УкрНИГМИ. 1970. Вып. 81. 272 с.
2. Українські гідрологи, гідрохіміки, гідроекологи: Довідник / В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, В.В. Гребінь, В.О. Манукало, В.М. Самойленко. К.: Ніка-Центр, 2004. 176 с.
3. Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт / за ред. К.Т. Логвинова. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 35 с.
4. Украинский региональный научно-исследовательский институт государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. М.: Гидрометеоиздат, 1987. 17 с.
5. Определение расчетных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14–83. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства. 1983. 97 с.
6. Лук'янець О.І., Сусідко М.М. Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті: методична та технологічна база її складових. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2004. Вип. 253. С. 234–249.
7. Лук'янець О.І. Система прогнозування паводків у Закарпатті на основі дослідження та математичного моделювання процесів формування стоку: автореф. дис. ... к.геогр.н.: 11.00.07. К. 2004. 20 с.
8. Маслова Т. В., Сусідко М. М. Оцінювання зволоженості гірських водозборів при математичному моделюванні дощових паводків. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 233–238.
9. Дутко В.О., Соседко М.М. Из досвіду ідентифікації параметрів математичної моделі дощового стоку в залежності від орографії місцевості. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011. № 3. С. 73–80.
10. Приймаченко Н.В. Обґрунтування системи розрахунку характеристик паводків на гірських річках басейну Дністра на основі математичного моделювання процесів формування дощового стоку: автореф. дис. ... к. геогр. н.: 11.00.07. К. 2010. 19 с.
11. Москаленко С.О. "Прогнозування дощових паводків на річках правобережжя Прип'яті на основі моделювання процесів їх формування" автореф. дис. ... к. геогр. н.: 11.00.07. К. 2013. 20 с.
12. Горбачова Л.О. Адаптація гідрологічної моделі "опад-стік" Mike 11 до гірських річок. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип. 263. С. 71–77.
13. Горбачова Л.О. Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину XXI століття). *Культура народів Причорномор'я*. 2014. № 267. С. 89–94.
14. Христюк Б.Ф. Моделювання зон затоплення заплави р. Дніпро в межах м. Києва за гідродинамічним модулем програмного комплексу Mike11. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Природа для води", присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів. 22 березня 2018 р., К.: ТОВ "ЦП "Компринт". С. 111–112.
15. Христюк Б.Ф. Краткосрочное прогнозирование уровней воды в Килийском рукаве Дуная. *Energetika*. Т. 60. Nr. 1. 2014. С. 69–75. <https://doi.org/10.6001/energetika.v60i1.2874>
16. Христюк Б.Ф. Аналітично-експертна система прогнозування рівнів води судохідного Дуная "Істер". *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2013. Вип. 264. С. 72–81.
17. Христюк Б.Ф. Короткотермінове прогнозування припливу води до Дністровського водосховища з урахуванням чисельного прогнозу параметрів погоди. Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю, 22–23 березня 2017 р., м. Одеса. С. 179–180.
18. Khrystyuk B. Short-term forecasting of water inflow to Dniester reservoir using numerical weather forecast model data. Electronic book with full papers from XXVII Conference of the Danubian countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 26–28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria, 252–256.
19. Borys Khrystyuk, Liudmyla Gorbachova Long-term forecasting of extraordinary spring floods by commensurability method on the Dnipro River near the Kyiv city, Ukraine. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2019. Vol. 75 (2). P. 74–81. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.75.2.22683>

20. Borys Khrystiuk, Liudmyla Gorbachova, Pavla Pekárová, Pavol Miklánek Application of the commensurability method for long-term forecasting of the highest summer floods on the Danube River at Bratislava. *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications*. 2020. Vol. 8 (1). P. 70–76. <https://doi.org/10.26491/mhwm/114482>
21. Людмила Горбачова, Борис Христюк Прогнозування водності річки Стир на найближчі роки. *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*. 2021. № 54. С. 155–163. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-12>
22. Горбачова Л.О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності та стаціонарності гідрологічних рядів спостережень. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 1 (32). С. 22–31.
23. Горбачова Л.О. Методи інтерполяції норм річного стоку та їх просторове представлення у ГС. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. Одеса. 2008. Вип. 50. Ч. 2. С. 72–77.
24. Горбачова Л.О. Просторове узагальнення норм річного стоку. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. № 18. С. 107–112.
25. Gorbachova L. & Khrystiuk B. The dynamics and probabilistic characteristics of the ice phenomena of the Danube River and its Kiliysky channel. Conference proceeding "Water resource and wetlands": 14–16 September 2012, Tulcea, Romania. In: Casretescu P, Lewis W., Bretcan P. (eds). 2012. P. 319–324.
26. Горбачова Л.О. Багаторічна динаміка льодових явищ в басейні річки Південний Буг. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2013. Т. 3 (30). С. 21–27.
27. Горбачова Л., Афтенюк О. Тривалість основних фаз льодового режиму та її характеристики в басейні р. Прип'ять (у межах України). Збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції "Геологічне, гідрологічне та біологічне різноманіття Полісся" до 130-річчя від дня народження видатного польського дослідника Полісся Станіслава Малковського та у рамках проведення Водного форуму до 105-річчя Національного університету водного господарства і природокористування, 13 жовтня 2020 р. Рівне: НУВГП, 2020, С. 141–144.
28. Афтенюк О.О. Дати настання основних фаз льодового режиму річок в басейні Прип'яті (у межах України). Матеріали IV-го Всеукраїнського пленеру з питань природничих наук, 19 червня 2020 р. Одеса, 2020. С. 10–12.
29. Горбачова Л.О. Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз: дис. ... д-ра геогр. наук. Київ: 2017. 399 с.
30. Христюк Б.Ф. Методика прогнозування характерних декадних рівнів води судохідної частини Дунаю. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2013. Вип. 265. С. 15–22.
31. Khrystiuk B., Gorbachova L., Koshkina O. The impact of climatic conditions of the spring flood formation on hydrograph shape of the Desna River. *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications*. 2017. Vol. 5 (1). P. 63–70. <http://dx.doi.org/10.26491/mhwm/67914>
32. Borys Khrystiuk, Liudmyla Gorbachova, Viktoria Prykhodkina Faceted classification of the hydrograph shapes of the spring floods of the Southern Buh river. *Geografický Časopis*. 2020. Vol. 72 (1). P. 71–80. <https://doi.org/10.31577/geogrcas.2020.72.1.04>
33. Горбачова Л.О. Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину XXI століття). *Культура народів Причорномор'я*. 2014. № 267. С. 89–94.
34. Горбачова Л.О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. *Український географічний журнал*. № 3. 2015. С. 16–23.
35. Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф. Гідрологічне районування території України за умовами формування річного стоку води на основі кривих Ендрюса. *Український географічний журнал*. 2016. № 3. С. 27–33.
36. Liudmyla Gorbachova, Tetiana Zabolotnia, Borys Khrystiuk Homogeneity and stationarity analysis of the snow-rain floods in the Danube basin within Ukraine. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2018. Vol. 19. Issue 1. P. 35–41.
37. Tetiana Zabolotnia, Liudmyla Gorbachova, Borys Khrystiuk Estimation of the long-term cyclical fluctuations of snow-rain floods in the Danube basin within Ukraine. *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications*. 2019. Vol. 7 (2). P. 3–11. <https://doi.org/10.26491/mhwm/99752>
38. Liudmyla Gorbachova, Viktoria Prykhodkina, Borys Khrystiuk. Spring flood frequency analysis in the Southern Buh River Basin, Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. Vol. 30 (2). P. 250–260. <https://doi.org/10.15421/11213501>
39. Горбачова Л.О., Приходькіна В.С., Христюк Б.Ф., Заболотня Т.О., Розлач В.О. Статистичний аналіз максимального стоку води річки Південний Буг за методом "Indicators of Hydrologic Alteration". *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 42–54 <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.05>
40. Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф., Приходькіна В.С., Заболотня Т.О., Липкань О.А. Розрахунки максимальних витрат води весняної повені і паводків холодного періоду року річок України за відсутності даних гідрометричних вимірювань. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)", 2–4 жовтня 2019 р. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3 (54). С. 37–38.
41. Грищенко В.Ф., Аксюк О.М., Гончаренко Г.А. Кадастр снігових лавин України (Карпати, Крим). Український гідрометеорологічний інститут. Київ, 2014. 238 с.
42. Грищенко В.Ф., Аксюк О.М., Гончаренко Г.А. Довідник зі снігового покриву в горах України (Карпати, Крим). Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Київ, 2013. 218 с.
43. Аксюк О.М., Ланшин В.П., Гончаренко Г.А. Атлас снігових лавин Українських Карпат. [Електронний ресурс]. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Київ, 2020.
44. Aksyuk O., Grischchenko V. Stratification features of a snow cover of the Ukrainian Carpathians and its physicomachanical qualities [Electronic-Resource]. XXIII conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management.: 28–31 August 2006, Belgrade, Serbia.
45. Gryshchenko V., Aksiyk O., Shcherbak A., Tavrov Y. Estimation snow reserves in the Ukrainian Carpathians. XXIV conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management: 2–8 June 2008, Bled, Slovenia. Poster.
46. Aksyuk O., Poperechny P., Goncharenko H. Development of the Information-analytical system "Stratigraphy and physical-mechanical properties of the snowpack". XXVII conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management: 26–28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. Electronic book with full papers from XXVII Conference of the Danubian Countries on

- Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. 26–28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 223–233.
47. Günter Blöschl, Julia Hall, Juraj Parajka... <Liudmyla Gorbachova> et al. Changing climate shifts timing of European floods. *Science*. 2017. Vol. 357. Issue 6351. P. 588–590. <https://doi.org/10.1126/science.aan2506>
48. Günter Blöschl, Julia Hall, Alberto Viglione... <Liudmyla Gorbachova> et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*. 2019. Vol. 573 (7772). P. 1–4. DOI: 10.1038/s41586-019-1495-6
49. Набиванец Ю.Б., Горбачёва Л.О., Корнеев В.Н. Высокие половодья и паводки в бассейне реки Стырь. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2010. Вип. 259. С. 217–230.
50. Holko L., Gorbachova L., Kostka Z. Snow Hydrology in Central Europe. *Geography Compass*. Vol. 5. Is. 4. 2011. P. 154–218. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2011.00412.x>
51. Fabian Krengel, Christian Bernhofer, Sergey Chalov, Vasily Efimov, Ludmila Efimova, Liudmila Gorbachova, Michal Habel, Björn Helm, Ivan Kruhlov, Yuri Nabyvanets, Natalya Osadcha, Volodymyr Osadchyi, Thomas Pluntke, Tobias Reeh, Pavel Terskii, Daniel Karthe Challenges for transboundary river management in Eastern Europe — three case studies. *DIE ERDE — Journal of the Geographical Society of Berlin*. 2018. Vol. 149 (2–3). P. 157–172. DOI:10.12854/erde-2018-389
52. Pavla Pekarova, Liudmyla Gorbachova, Veronika Bacová Mitkova, Jan Pekar, Pavol Miklanek Statistical Analysis of Hydrological Regime of the Danube River at Ceatal Izmail Station. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 221 (012035). doi:10.1088/1755-1315/221/1/012035
53. Pekárová, P., Miklánek, P., Bálint, G. Biondić, D., Gorbachova, L., Kobold, M., Kupusović, E., Soukalová, E., Prohaska, S., Škoda, P., Stanzel, P., Teodor, S. 2019. Average daily discharge and annual peak discharge series collection. In: Pekárová, P., Miklánek, P. (eds.) Flood regime of rivers in the Danube River basin. Follow-up volume IX of the Regional Co-operation of the Danube Countries in IHP UNESCO. IH SAS, Bratislava, p. 15–42. <https://doi.org/10.31577/2019.9788089139460>



ГІДРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Н. Осадча, В. Осадчий, О. Ухань, В. Осипов, Ю. Лузовіцька

Дослідження хімії поверхневих вод в Українському гідрометеорологічному інституті розпочалися у 1993 р. шляхом організації у складі відділу моніторингу водних об'єктів лабораторії радіаційного і гіdroхімічного моніторингу. На цьому етапі був сформований дослідницький колектив, який складався з 2-х наукових співробітників (Осадчий В.І., Осадча Н.М.), 4-х співробітників інженерного складу (Чернишова Л.О., Салівон-Пескова В.Я., Лінчук М.І., Крутоголова Л.М.) та налагоджені аналітичні вимірювання хімічного складу води і донних відкладів у різних річкових басейнах України.

У 1998 р. на базі вищезазначеної лабораторії був створений окремий науковий підрозділ **Відділ гіdroхімії (ВГ)**. Метою його роботи стало забезпечення органів державної влади та громадськості науково обґрунтованою інформацією про якісний стан поверхневих водних об'єктів, формування хімічного складу вод та закономірності його зміни за дії різноманітних чинників, підвищення безпеки водокористування та обґрунтування прийняття управлінських рішень. Протягом 1998 — 2010 рр.



Наукова гіdroхімічна лабораторія

ВГ очолював Осадчий В.І., з 2011 р. — завідувачем ВГ є Осадча Н.М.

На сьогодні ВГ налічує 15 співробітників, серед яких 2 доктори та 5 кандидатів географічних наук за спеціальністю 11.00.07 — гіdroлогія суші, водні ресурси, гіdroхімія. Структурно ВГ поділяється на 2 лабораторії: регіональних гіdroхімічних досліджень та експериментальної гіdroхімії.

При відділі функціонує наукова гіdroхімічна лабораторія, яка забезпечує виконання хіміко-аналітичних робіт у різних середовищах водних екосистем, проведення експериментальних досліджень.

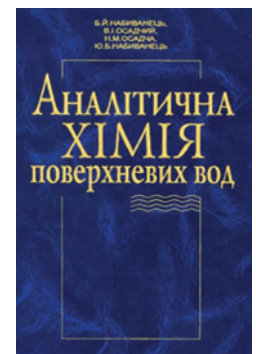
ВГ забезпечує науково-методичне керівництво системи державного моніторингу вод у рамках завдань Державної гіdroметслужби України, яка пізніше увійшла до складу ДСНС України.

Співробітниками ВГ розробляються науково-обґрунтовані пропозиції з оптимізації мережі гіdroхімічних спостережень поверхневих вод України, принципи та методологія модернізації системи моніторингу відповідно до міжнародних стандартів.

Велика увага приділяється впровадженню найновіших високочутливих методів визначення окремих компонентів та контролю якості вимірювань. Зокрема, розроблено методологію дослідження компонентів хімічного складу вод у системі вода-донні відклади, розроблено метод визначення важких металів у воді, завсях, донних відкладах, атмосферних опадах, аерозолях та біологічних матеріалах на основі екстракційного концентрування досліджуваних металів (Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Pb, Cd, Cu) з наступним атомно-абсорбційним визначенням.

Для забезпечення належної аналітичної підтримки лабораторій системи моніторингу вод співробітниками відділу підготовлено спеціалізовану монографію "Аналітична хімія поверхневих вод", Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., 2007, яка до цього часу залишається єдиним в Україні виданням подібного спрямування і затребувана у хіміко-аналітичних лабораторіях різних відомств.

У 2020 р. підготовлено Керівництво з оброблення рядів гіdroхімічних даних.



Наукові роботи ВГ спрямовані на питання регіональної та експериментальної гідрохімії, які пізніше були доповнені напрямком моделювання забруднення поверхневих вод.

За період діяльності ВГ були розроблені та реалізовані на практиці методологічні основи системних гідрохімічних досліджень, що базуються на синтезі географічних підходів вивчення умов і факторів формування хімічного складу поверхневих вод з дослідженням фізико-хімічних процесів трансформації речовин у різноманітних ланках водних екосистем. Методичні, методологічно-прикладні та прикладні розробки застосовані при вирішенні конкретних екологічних завдань як на окремих водних об'єктах, річкових басейнах, так і для оцінки глобальних екологічних змін поверхневих вод України у цілому.

У ВГ вперше було започатковано узагальнення та аналіз багаторічних даних державного моніторингу вод Державної гідрометслужби України у вигляді щорічних оглядів "Хімічний склад і якість поверхневих вод України" та розділів щодо забруднення поверхневих вод суші до Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища. Узагальнені дані дозволили простежити багаторічні зміни хімічного складу вод та визначити основні чинники, які їх спричиняють. У басейнах річок Сіверський Донець, Західний Буг, Дунай, Десна були виконані поглиблені дослідження у ході виконання дисертаційних робіт співробітників ВГ. Багаторічні результати регіональних досліджень знайшли відображення у монографії Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. "Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу", 2008 р. у якій були узагальнені дані спостережень за хімічним складом води у межах основних річкових басейнів України, окремих річок та створів.

Спільно із викладачами кафедри гідрології та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка отримані результати узагальнені у монографіях "Регіональна гідрохімія України" та "Гідроекологічний стан басейну Західно-Бугу на території України".

Для збереження, оброблення та аналізу гідрохімічної інформації, що збирається на мережі державного моніторингу вод, співробітниками ВГ розроблено спеціалізовану інформаційно-аналітичну систему (ІАС) "Aqua Guard".

Система має ресурси СУБД з постійно оновлюваною базою первинних даних вимірів хімічного складу і гідрологічних показників поверхневих вод України, а також містить засоби аналізу, статистич-

ної обробки отриманої інформації. Для візуалізації предметної області на базовій карті застосовується ГС MapInfo, а також розроблені власні засоби картування.

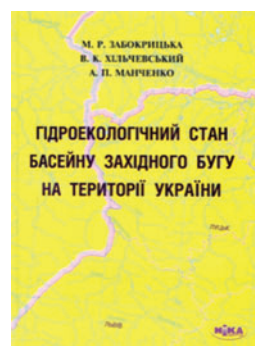
Структурно АІС складається з окремих програмних блоків, призначених для виконання окремого завдання: *Басейни, Графіки, ГДК, Кадастр, Експорт, Занесення*.

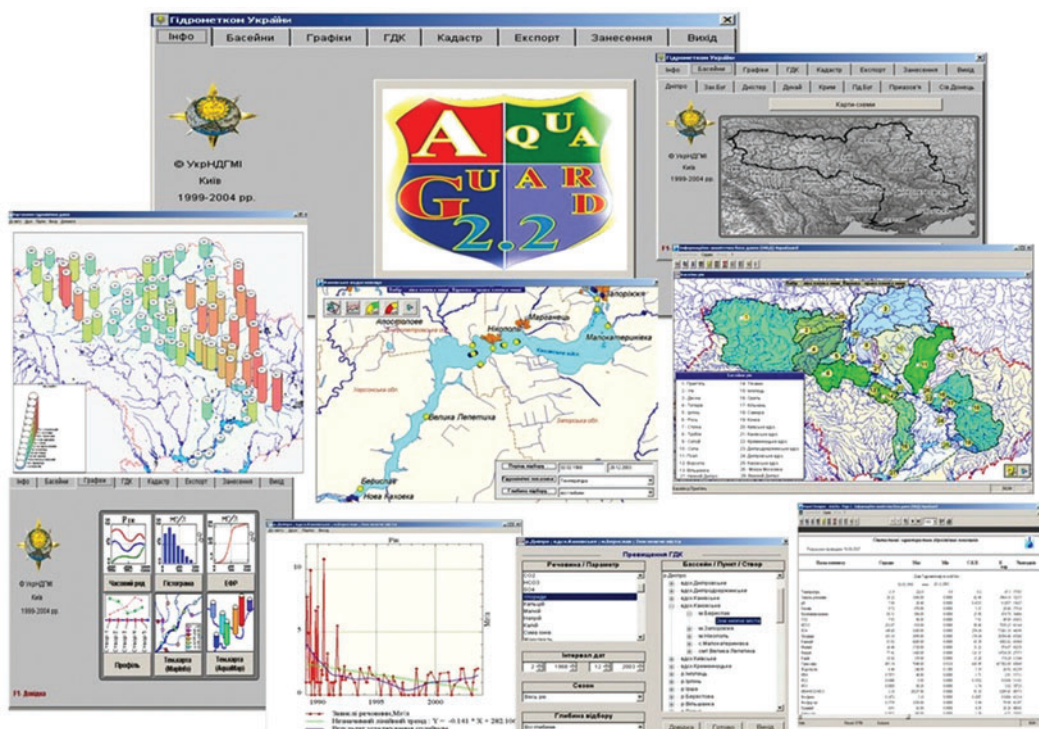
Блок *Басейни* використовується для дослідження заданих параметрів хімічного складу води у межах басейну за вибраний проміжок часу. У цьому блоці також вперше в Україні виконувалась екологічна оцінка стану поверхневих вод за показниками хімічного складу води.

У блоці *Графіки* виконувалось дослідження окремих параметрів хімічного складу води в межах усієї України, басейну, суббасейну чи створу за будь-який проміжок часу та для будь-якого показника або групи показників. Результати згенерованого запиту виводяться у вигляді двомірних графіків, діаграм і картосхем, які наочно відображають інформацію про хімічний склад поверхневих вод на основі запитів до бази даних.

Призначення *тематичного блоку ГДК* — визначення відсотка перевищення ГДК для питного та рибогосподарського користування. Отримана інформація виводиться у вигляді таблиць із зазначенням кратності перевищення ГДК відповідно до формату таблиць "Державного водного кадастру".

Блок *Кадастр* забезпечує підготовку форм про хімічний склад поверхневих вод у форматі "Державного водного кадастру. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Частина 1. Річки і канали". Цей блок доповнено функцією первинної статистичної обробки рядів спостережень. Цей блок дозволяє здійснювати пошук, вибір і експорт даних за визначений період часу на різних глибинах пробовідбору із можливістю упорядкування даних за індексом, датою і пунктом пробовідбору. Результати вибірки із зазначенням середньої мінімальної та максимальної величини, середнього квадратичного відхилення та об'єму вибірки виводиться на екран у формі таблиці.





Інформаційно-аналітична система Aqua Guard

Блок *Експорт* призначений для експорту сформованої за запитом користувача вибірки даних, яку можна переглянути у табличному вигляді або експортувати у форматах Microsoft Excel; TXT; DBF; DIF і Lotus файлів.

Блок *Занесення* забезпечує постійне поновлення бази первинних даних з можливістю обробки даних та їх контролю на основі експертної оцінки.

Розроблена інформаційно-аналітична система дозволила підтримувати функції супроводу даних довгострокових спостережень за поверхневими водами України, виконувати аналіз і оцінку якості і стану поверхневих вод, надаючи узагальнену інформацію у доступних форматах — табличному, графічному й картографічному.

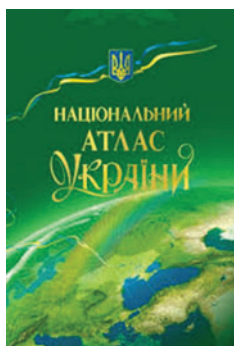
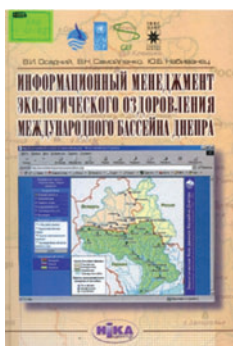
У ході реалізації українсько-американського проекту ГЕФ на підставі розробленої методології була створена міждержавна екологічна база даних

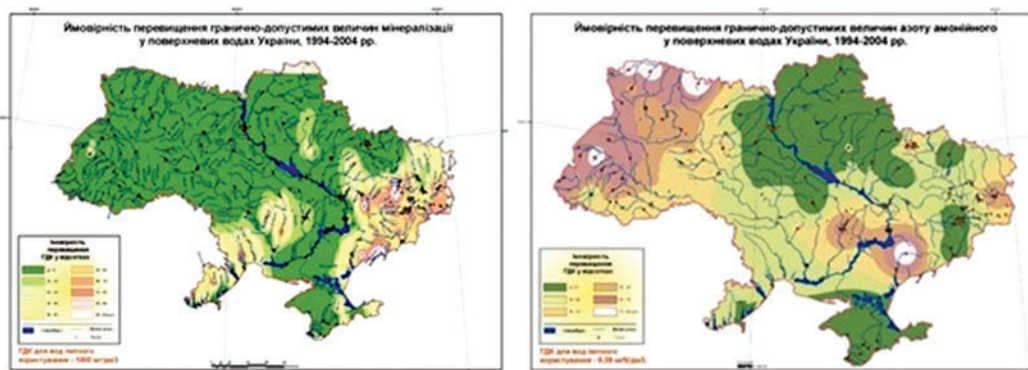
басейну Дніпра у межах Росії, Білорусі та України, яка працює в режимі on-line (www.dnipro-ecobase.org.ua), а у ВГ організовано центр інформаційного менеджменту. Отримані результати знайшли відображення у монографії В.І. Осадчого, В.М. Самойленка, Ю.Б. Набиванця "Інформаційний менеджмент екологічного оздоровлення міжнародного басейну Дніпра", 2004 р.

На особливу увагу заслуговують теоретично-методичні розробки засад картографування хімічного складу та якості поверхневих вод, які реалізовано у Національному атласі України (2008 р.). Завідувач відділу гідрохімії Осадчий В.І. увійшов до редакційної колегії вказаного видання.

Всього було підготовлено 8 тематичних карт, у яких відображено вміст окремих компонентів хімічного складу у поверхневих водах України. Згідно до розроблених теоретичних підходів гідрохімічне районування розглядалося відповідно до фізико-географічної зональності, як такої, що найбільш повно враховує взаємодію всіх основних чинників формування хімічного складу води. Зроблено висновки про те, що основними критеріями є розподіл теплового балансу та вологості, характер ґрунтового-рослинного покриву.

Для підвищення надійності визначення екологічного стану водних об'єктів у ВГ була розроблена методика ймовірнісно-статистичного оцінювання екологічного стану поверхневих вод на осно-





Карти ймовірності перевищення гранично-допустимого рівня:
 А — мінералізації; Б — азоту амонійного у поверхневих водах України

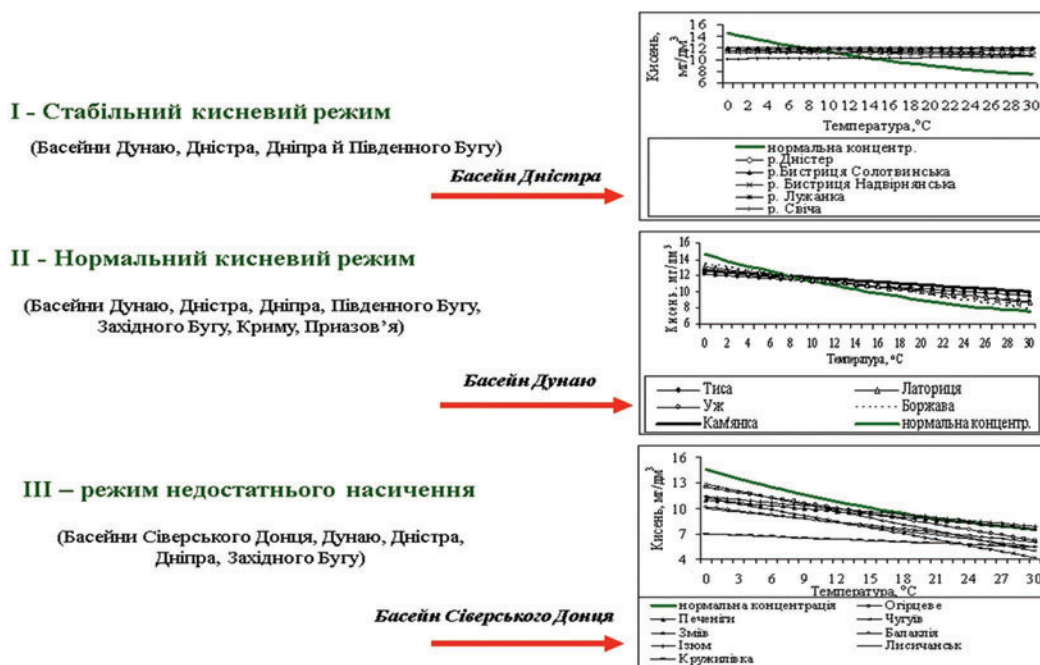
ві ідентифікації законів статистичних розподілів концентрацій окремих компонентів та методику визначення ймовірності перевищення ГДК окремих компонентів. Виконано районування поверхневих вод України за основними показниками хімічного складу та за ймовірністю перевищення ГДК питного призначення.

Для мінералізації води виділено 6 районів, які характеризуються однорідними показниками ймовірності перевищення ГДК. В першому з них, що охоплює переважну частину території України, відзначається 99% безпека водокористування, а інші 5 районів різняться за рівнем небезпеки водокористування від > 1% до 99%. Найгірші умови спостерігаються у межах більшості річок Приазов'я, правобережних притоків р. Сіверський Донець та річок басейну Дніпра, які протікають у межах

структурно-денудаційної області Донецького кряжу, складеного галогенними й сульфатними відкладами в області залягання потужних шарів кам'яної солі. Води вказаних об'єктів протягом усього року практично повністю (на 81–99%) небезпечні для питного користування.

Вперше виконано районування вод за вмістом сполук азоту. Виходячи з особливостей та ступеню впливу різноманітних чинників для розподілу сполук азоту у воді було виділено 6 районів з різною ймовірністю перевищення ГДК (від 0,3 і менше і до 0,75 та більше). Екологічна безпека водокористування за нітрогеном амонійним відзначається на близько 30% території.

Розроблено методологію та виконано типологію поверхневих вод України за кисневим режимом. Виділено три типи режиму розчиненого у воді кисню:



Типи кисневого режиму поверхневих вод

стабільний, нормальний та режим недостатнього насичення.

Перший з них характеризується відсутністю залежності вмісту кисню від температури води і спостерігається у окремих річках 4-х річкових басейнів: Дунаю, Дністра, Дніпра й Південного Бугу

За умови нормального кисневого режиму емпіричні криві залежності кисню від температури води повторюють хід теоретичної кривої нормальної концентрації кисню. У холодний період року відзначається недостатнє насичення води киснем, а у теплий період у переважній більшості річок вона дещо перенасичена O_2 .

Режим недостатнього насичення характеризується нестачею кисню протягом усього року, а емпірична крива розміщена нижче кривої нормальної розчинності кисню у всьому діапазоні варіабельності температур води. Вказаний режим відзначається на окремих ділянках у всіх основних річкових басейнах України, а у басейні Сіверського Донця це єдиний тип кисневого режиму річок.

Найбільш несприятливі кисневі умови у басейнах річок Прип'яті і Десни, Київського та Канівського водосховищ обумовлені природними факторами і спостерігаються у зимовий період. При сполученні низьких температур повітря (швидке настання льодоставу), наявності у воді розчинених органічних гумусової природи, амонійних форм нітрогену й заліза формується різке (до 0,3 мг/добу) зниження вмісту кисню у воді.

Досліджено вплив природних чинників на формування хімічного складу поверхневих вод. Показано, що концентрація домінуючих іонів та мінералізація тісно пов'язані з величиною водного стоку. У річках гумідної зони відзначається обернена залежність між зазначеними показниками. Вона має декілька гілок, що визначається переважаючим

типом живлення річки у даний період. Натомість, у зоні недостатнього зволоження встановлена пряма залежність між витратами води та її мінералізацією і вмістом домінуючих іонів. Як у внутрішньорічному, так і в багаторічному аспектах характерне формування згладженого іонно-сольового режиму з незначним коливанням вмісту розчинених солей на фоні істотних змін водного стоку.

Вміст розчиненого кисню в річкових водах залежить від таких чинників, як температура води, тривалість і особливості формування льодоставу, діяльність живих організмів тощо, які визначаються насамперед кліматичними умовами. Для багатьох річок отримано пряму лінійну залежність насичення води річок киснем від чисельності фітопланктону, яка характеризується високим коефіцієнтом кореляції. Значний вплив на вміст кисню чинить також наявність органічних речовин, заліза та амонійного азоту, що найбільше проявляється у період недостатнього розвитку фітопланктону.

Надходження біогенних елементів (мінеральних сполук азоту й фосфору) у поверхневі води значною мірою визначається їхнім зливом з поверхні басейну у результаті контакту атмосферних опадів з ґрунтами. Трансформація неорганічних форм азоту від — амонійної до нітратної — значною мірою залежить від наявності у воді достатньої кількості розчиненого кисню.

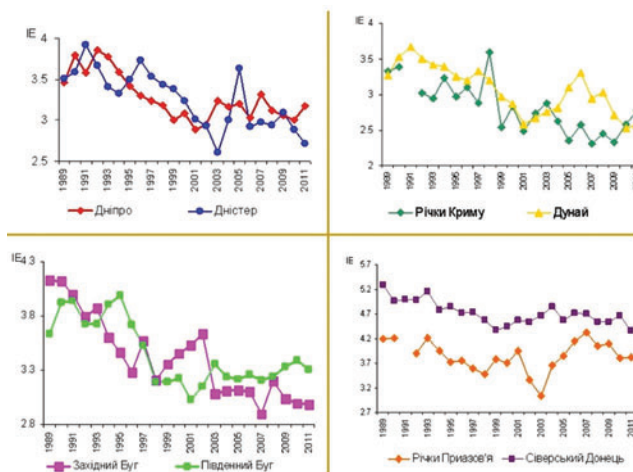
У формуванні стоку органічних речовин основну роль відіграють загальні умови утворення природних ландшафтів водозбору. У річному циклі режим органічних речовин тісно пов'язаний з водністю.

Величина водного показника річкових вод відмінна від рівноважної і тісно пов'язана з розвитком фітопланктону. Дослідження впливу господарської діяльності людини показало, що спад промислового виробництва на початку 1990-х призвів до значного покращення екологічного стану вод у межах різних річкових басейнів. Найменше зміни торкнулися річок басейнів Сіверського Дінця та Приазов'я

Встановлено, що вплив стічних вод проявляється локально, а його ступінь визначається кратністю їхнього розведення природним стоком. Виявлено тісну лінійну залежність між концентраціями сульфатних іонів, R_{min} , N_{min} , та органічними речовинами у різних річкових басейнах України з об'ємами відведення стічних вод.

Вплив урбанізації на хімічний склад поверхневих вод стосується переважно мінеральних сполук азоту й фосфору, які є продуктами життєдіяльності людини, а також органічних речовини різного компонентного складу.

Співробітники ВГ взяли участь у розробленні методики оцінки та пріоритетизації джерел забруднення



Динаміка інтегрального екологічного індексу якості води

водних об'єктів, а результати виконаної роботи для басейну Дніпра представлені у монографії "Методика ідентифікації, оцінки та пріоритетизації джерел забруднення водних об'єктів ("гарячих точок") у басейні річки Дніпро", 2004 р.

Результати багаторічних досліджень впливу природних і антропогенних чинників формування хімічного складу поверхневих вод узагальнені у підручнику Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. "Основи гіdroхімії", 2012 р.

У ВГ розроблено методологічні основи та вперше в Україні виконано масштабне комплексне дослідження гумусових речовин (ГР), яке розкрило загальні закономірності їхнього надходження, міграції та трансформації у поверхневих водних об'єктах України. Отримані результати дозволили встановити чинники і процеси, які впливають на надходження, розподіл і трансформацію ГР у системі "грунти — поверхневі води — донні відклади", охарактеризувати емісійний потік ГР з водозбірної території та встановити кількісні характеристики їхнього перерозподілу у русловій частині. Вперше отримано дані щодо просторово-часового розподілу ГР в поверхневих водах України та показано, що він значною мірою відповідає закону широтної зональності і тісно пов'язаний з зонально-генетичними особливостями гумусоутворення.

Граничні умови розподілу ГР у поверхневих водах залежать від фізико-географічного розташування річкових басейнів, що визначає запаси гумусу в ґрунтах та його фракційно-груповий склад, сезонні коливання вмісту ГР визначаються зміною водності річок.

Встановлено граничні межі розчинності ГР ґрунтового комплексу. Експериментально показано, що основну частку ГР, які мігрують з поверхневими водами, становить фракція фульвокислот (ФК), а масова частка розчинних гумінових кислот (ГК) не перевищує 2,2% за найбільш типових для поверхневих вод України умов. Найбільшу здатність до розчинення виявляють гідрофільні фракції ГР ґрунтів з найменшою молекулярною масою (ММ), які внаслідок контакту з атмосферними опадами переходять у фазу розчину і транспортуються у русла річок. У складі ГК та ФК річок переважають їхні найбільш тонкодисперсні фракції.

Досліджено кількісні характеристики виносу ГР з поверхні водозбору та показано, що стік ГР прямо пов'язаний з водністю річки, а його внутрірічковий розподіл притаманний максимум під час водопілля. Домінуюча частка ГР надходить у руслову частину з водами латерального стоку. З водами верхнього Дніпра, річок Десна та Прип'ять формується 92% стоку ГК і 95% стоку ФК Дніпра у за-



микальному створі. Найбільшим є внесок Прип'яті, який сягає ~50%.

Результати досліджень міграції ГР стали науковою базою для прийняття управлінських рішень у період кризової ситуації стосовно якості питної води у басейні Дніпра.

Фундаментальна складова досліджень ВГ спрямована на вивчення фізико-хімічних процесів трансформації речовин у різноманітних ланках гідро-екосистем.

Серед наукових концепцій найважливішу роль мала ідея застосування термодинамічного моделювання для дослідження процесів формування та прогнозування трансформації хімічного складу природних вод, яка була реалізована у вигляді закінченої комп'ютерної моделі — програмно-моделюючого комплексу TETRA. Термодинамічна модель пристосована до умов поверхневих вод України та враховує домінуючі у їхньому складі ліганди — ГК і ФК.

Виконано цикл робіт, який дозволив обґрунтувати теоретико-методологічні засади міграції важких металів у водних екосистемах. На основі чисельних експериментальних досліджень та результатів термодинамічних розрахунків досліджено основні форми міграції Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Cd та встановлено чинники, що визначають їхню трансформацію у поверхневих водах України. Шляхом вивчення вертикального забруднення донних відкладів було реконструйовано темпи та рівні техногенного навантаження водосховищ дніпровського каскаду різноманітними хімічними речовинами.

Отримано переконливі докази того, що за фізико-хімічних умов водного середовища, характерних для більшої частини річкових і озерних екосистем України, розчинені у воді важкі метали перебувають у термодинамічно нестійкому стані. Це призводить до переходу значної кількості металів у завислу форму міграції й подальшого депонування у донні відклади. Напрямок перерозподілу й трансформації більшої частини важких металів відбувається згори — донизу.

Основними процесами, що визначають зменшення міграційних характеристик металів, є сорбція на глинистих мінералах та гідроксидах металів, співосадження (під час зсуву рівноважного стану карбонатно-кальцієвої системи в у бік утворення $\text{CaCO}_{3\text{ТВ}}$), біологічне споживання вищою водною рослинністю й фітопланктоном. Стосовно ГР максимальну сорбційну ємність мають оксиди і гідроксиди Fe і Al. Внаслідок прояву гідрофобних властивостей і спорідненості до твердих матеріалів найбільшу здатність до адсорбції виявляють ГК. Для міжфазової трансформації ГР значну роль відіграє також агрегація, а у донні відклади депонуються фракції з найбільшою ММ. Внаслідок цього у донних відкладах водойм спостерігається обернене співвідношення ГК і ФК порівняно з ґрунтовим комплексом річкових басейнів. У каскаді дніпровських водосховищ донні відклади Київського водосховища характеризуються максимальними концентраціями ГР, а водосховище відіграє у каскаді бар'єрну функцію.

Виявлена залежність між каламутністю води річок і кількістю завислих форм металів і ГР. Відзначено збільшення концентрацій зазначених показників зі зменшенням розміру часток донних відкладів у напрямку: пісок < пісок замулений < мул піщаний < мул глинистий, а також із збільшенням процентного вмісту органічних речовин.

Утворення комплексних сполук елементів підвищує їхню міграційну здатність у воді. Домінуючим лігандом у складі комплексних сполук є ФК. Термодинамічні розрахунки співіснуючих форм ГК і ФК у поверхневих водах показали, що за умов $6 < \text{pH} < 8$ частка вільних фульват-іонів є високою і становить 13–15%.

Ступінь закомплексованості металів та кількість комплексних сполук зростає із збільшенням pH води та підвищенням вмісту ліганду. Виконано систематизацію ВМ в залежності від концентрацій мінеральних і органічних комплексують речовин. Fe і Cu практично повністю перебувають у закомплексованому стані та утворюють стійкі комплексні сполуки з ФК. Інші метали в порядку зменшення відносного вмісту комплексних сполук із ФК роз-

ташовуються в наступній послідовності: Pb, Ni, Zn, Co, Cd, Mn. Для Mn переважною формою міграції (80–90%) є іонна форма.

На прикладі заліза досліджені основні фізико-хімічні параметри, що лімітують кількість його розчинених форм у водному середовищі. Встановлено, що концентрація у воді ФК та величина pH є основними параметрами, що визначають форму міграції та кількість розчиненого заліза, здатного утримуватись у водному середовищі.

Отримані термодинамічні розрахунки підтверджені результатами лабораторних експериментів і даними натурних досліджень на Канівському водосховищі та р. Десні. Високий вміст феруму ($> 1 \text{ мг/дм}^3$) пригнічує утворення комплексних сполук інших металів.

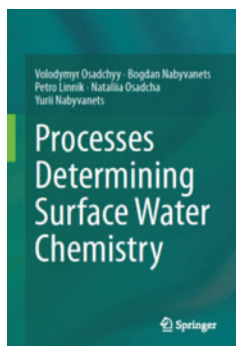
Вивчено вторинне забруднення води з донних відкладів за рахунок молекулярної дифузії та встановлено, що така ймовірність існує лише для мангану. В локальних зонах активного мулонакопичення дифузний потік мангану може досягати $221\text{--}229 \text{ мг/дм}^2$ за добу. Надходження інших металів буде незначимим. Донні відклади переважно слугують "депо" виведених із розчину речовин

Отримані результати дозволили дійти висновку, що каскад дніпровських водосховищ відіграє важливу екосистемну роль як потужний біогеохімічний бар'єр, який сприяє виведенню забруднюючих речовин із фази водного розчину.

На підставі багаторічного дослідження показано, що фізико-географічне розташування річкових басейнів, їхні кліматичні та геоморфологічні особливості, гідрологічний режим річок разом з гідробіологічними особливостями та рівнем залягання ґрунтових вод — головні природні фактори, що прямо або опосередковано впливають на формування хімічного складу поверхневих вод України та задають умови перебігу окремих фізико-хімічних процесів. Кількісно доведено, що поверхневі води України мають потужну буферну ємність та властивості до самоочищення. Не зважаючи на значне техногенне навантаження, більшість річок, озер та водосховищ України до теперішнього часу не втратили здатності до самоочищення.

Результати багаторічних фундаментальних досліджень були узагальнені у вітчизняних та зарубіжних виданнях.

Виконано цикл досліджень із встановлення особливостей хімічного складу та закономірностей формування якості води водойм-охолоджувачів великих енергетичних об'єктів. В умовах високого теплового навантаження основного значення у формуванні складу головних іонів у воді водойми-охолоджувача набувають 2 основні процеси: випаро-



увального концентрування, який сприяє збільшенню концентрацій добре розчинних хлоридних та сульфатних солей натрію і калію, та зрушення рівноважного стану карбонатно-кальцієвої системи у бік утворення важкорозчинних сполук карбонату кальцію (CaCO_3 (тв. фаза)) і виведення їх із фази розчину. Цей процес пов'язаний з інтенсифікацією гідробіологічних процесів і наступним підвищенням величини рН. В результаті в системах охолодження енергоблоків розвивається процес накипоутворення і зменшується ефективність їхньої роботи.

Розроблено прогноз щодо можливої трансформації хімічного складу води головних іонів та зазначено, що за умови співвідношення $m_{\text{Ca}^{2+}} > m_{\text{SO}_4^{2-}}$ вміст кальцію у воді не зможе перевищити 4,15 мг-екв/дм³. За подальшого концентрування, коли $m_{\text{SO}_4^{2-}} > m_{\text{Ca}^{2+}}$, кальцій узагалі буде виведений із системи, а у воді відбуватиметься накопичення сульфатних іонів і магнію, а також відбудеться зміна її типу. Розроблені теоретичні засади підвищення ККД енергоблоків за рахунок зменшення карбонатування у системах охолодження парогенераторних установок.

На прикладі водойми-охолоджувача Запорізької АЕС вирішено важливе прикладне завдання із визначення причин підвищеного рівня забруднення сполуками міді та розроблено заходи із його мінімізації та попередження забруднення Каховського водосховища.

З 2014 р. у ВГ впроваджується напрямок моделювання компонентного складу поверхневих водних об'єктів.

Для оцінки та прогнозування навантаження вод біогенними елементами налаштована та відкалібрована модель SWAT (Soil and Water Assessment Tool).

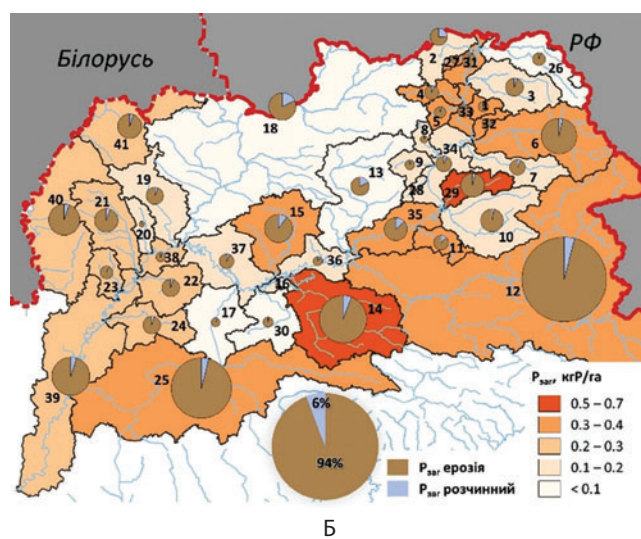
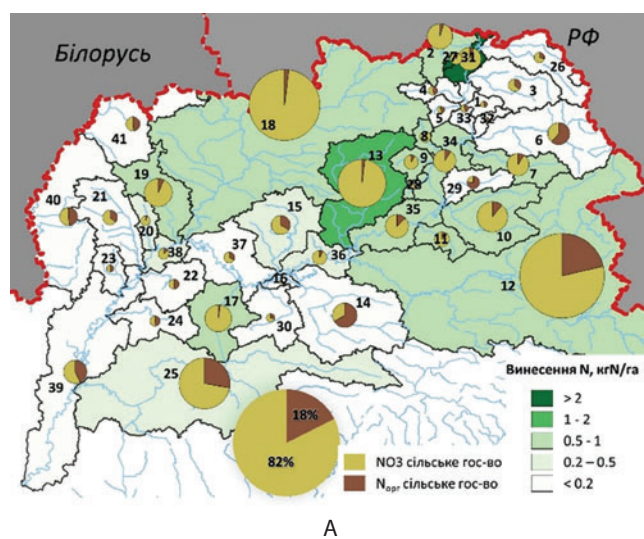
Модель SWAT відноситься до групи детермінованих моделей з розподіленими параметрами, які описують окремі процеси формування водного стоку і емісії речовин з водозбірної території у річкову мережу. Вдалі розрахункові алгоритми дозволили цій моделі стати світовим лідером і до цього часу міцно утримувати першість у питанні прогнозування забруднення вод у межах сільськогосподарських водозборів.

Результати моделювання показали, що основним шляхом надходження сполук нітрогену та фосфору є дифузні джерела, серед яких найбільший вплив на забруднення вод чинять сільськогосподарські угіддя. Встановлено, що домінуюча частка азоту, а саме 82%, надходить у формі добре розчинних нітратних сполук. Відмінною особливістю фосфору є те, що він практично повністю транспортується у складі ерозійних часток.

Застосування моделі SWAT дозволило виконувати імітаційне моделювання впливу землекористування, внесення добрив, використання різних сільськогосподарських практик на формування емісії нітрогену і фосфору та розробляти методи попередження забруднення водних об'єктів.

У ВГ також впроваджується напівемпірична концептуальна модель MONERIS, яка широко використовується в країнах ЄС для прогнозування забруднення вод біогенними елементами, металами та пестицидами.

У 2021 р. розпочато роботи з дослідження впливу кліматичних змін на водний стік та забруднення поверхневих водних об'єктів. Зміни кліматичних параметрів на період до 2100 р. встановлені на підставі ансамблю з восьми регіональних кліматичних моделей (PKM) циркуляції атмосфери й



Результати моделювання навантаження: А — сполуками нітрогену, Б — сполуками фосфору у басейні р. Десни



океанів (МЗЦАО) проєкту Euro-CORDEX. Перевагою вказаних моделей є їхня висока роздільна здатність (~12 км), також ці моделі були відкориговані для параметрів опадів та температури повітря.

Прогностичні характеристики розглядали для 2-х сценаріїв викидів парникових газів (Representative Concentration Pathway, RCP), а саме сценарію RCP4.5, який передбачає впровадження коригуючих заходів для мінімізації викидів, та сценарію RCP8.5, за якого високі викиди будуть продовжуватись.

Для прогнозування змін водного стоку та запасу вологи ґрунту в умовах змін клімату до 2050 р. була використана модель SWAT. Зокрема, для українською частини басейну р. Десни очікується збільшення витрати води відносно 1991–2020 рр. на 8% та 4% відповідно за сценарію RCP4.5 та сценарію RCP8.5 Половина моделей прогнозує зменшення запасу вологи ґрунту влітку на 10–20% за обох сценаріїв RCP.

Розроблено аналітичну вебсистему відображення метеорологічних параметрів в умовах кліматичних змін за різних сценаріїв викидів парникових газів у розрізі усієї України, окремих областей, районів, територіальних громад та річкових басейнів.

Система дозволяє здійснювати вибір періоду спостереження, пори роки та сценаріїв викидів парникових газів; панель шарів, відображення графіку кліматичної проєкції. Для візуалізації на панелі шарів можна обрати майбутній або історичний

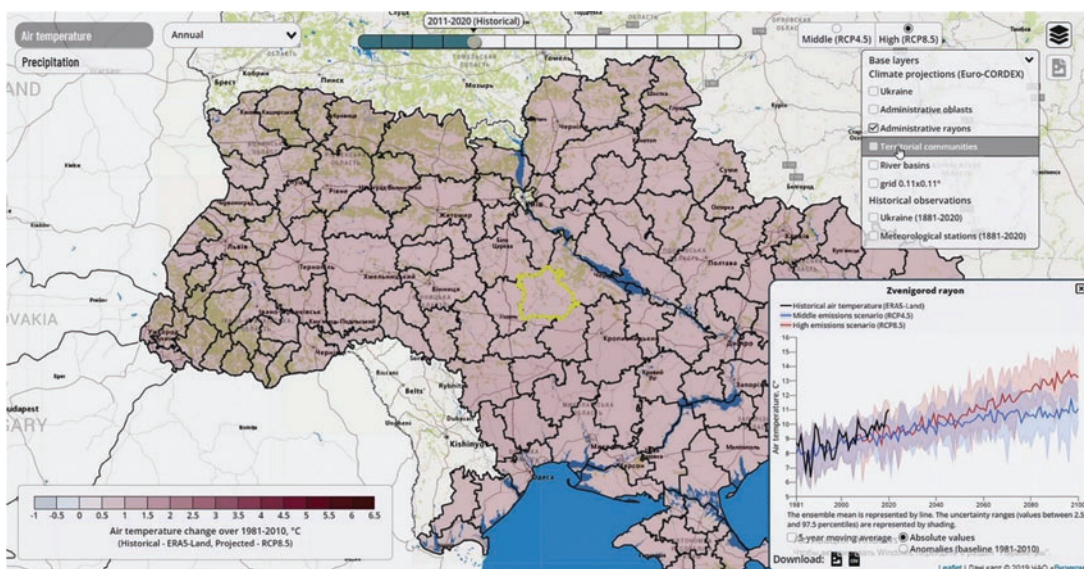
період. Для майбутнього періоду наразі є проєкції середньої температури повітря та опадів, що усереднено для України, адміністративних одиниць та річкових басейнів, для історичного періоду (1881–2020) — температура повітря для 174 станцій у межах України та середнє з 155 станцій, що не мають пропусків за весь період спостережень.

Функціонал інтерфейсу дозволяє зберігати мапу у форматі jpg та графік у форматі jpg або csv. На графіку доступні опції згладжування та візуалізації абсолютних значень або аномалій кліматичних проєкцій. Для оцінки реалістичності ходу кліматичної проєкції використано дані кліматичного реаналізу ERA5-Land.

Розробляється система візуалізації впливу кліматичних змін на водний стік, що буде базуватися на результатах моделювання SWAT. Систему також можна буде доповнити іншими метеорологічними параметрами: швидкість вітру, сонячна радіація, відносна вологість тощо. На підставі огляду кліматичних досліджень у світі зроблено висновок, що кліматичні зміни впливають на водний та термічний режим поверхневих водних об'єктів, а зміна елементів водного балансу призводить до трансформації хімічного складу води. Проведено аналіз та оцінено вплив кліматичних змін на хімічний склад води у басейні р. Прип'ять.

На парламентських слуханнях у Верховній раді України зроблено доповідь про сучасний стан та прогноз зміни клімату України: "Реалізація в Україні міжнародних документів щодо запобігання антропогенним змінам клімату".

З 2009 р. ВГ активно долучився до робіт з впровадження міжнародних принципів управління вод-



Інтерфейс вебсистеми "Клімат минулого та майбутнього"

ними ресурсами. Розпочато роботи з розроблення методологічних основ для адаптації системи управління водними ресурсами до міжнародних стандартів та вимог Водної Рамкової Директиви ЄС.

Співробітниками ВГ узагальнено основні концептуальні підходи для оцінки якості води та існуючі методики її нормування і класифікації за різними показниками. Проведено порівняльний аналіз санітарно-гігієнічного та екологічного принципів нормування та обговорено переваги й недоліки зазначених підходів. У якості базового критерію для екологічного нормування за фізико-хімічними показниками запропоновано використання ступеню відхилення від фонових концентрацій. Розглянуто принципи побудови класифікацій стану водних об'єктів.

Здійснено адаптацію європейської методології оцінки антропогенного навантаження на водні ресурси та розроблено методологію оцінки ризиків досягнення "доброго" екологічного стану від дифузних джерел. У якості основного індикатора запропоновано використовувати значення балансу нітрогену у ґрунтових екосистемах.

Розроблено методику розрахунку зазначеного балансу та визначено мінімальну роздільну здатність просторового розподілу зазначеного параметру. Виконано розрахунок балансу нітрогену у ґрунтах за 2018 і 2020 рр. Показано, що ризик забруднення вод від дифузних джерел виникає за умови перевищення балансу нітрогену 35 кг/га.

На основі експериментальних даних та оцінки педотрансферних функцій розроблено мапу коефіцієнтів фільтрації (КФ) нижнього та верхнього шарів ґрунтів України, що дозволяє враховувати вплив фільтраційних властивостей ґрунтів на формування компонентів водного стоку.

Розроблено методику виділення зон, вразливих до накопичення нітратних сполук.

Співробітниками ВГ розроблено теоретичні основи встановлення фонових концентрацій гідрохімічних компонентів, що визначають стан екосистеми: рН, мінералізація води, БСК₅, ХСК, ПО, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, а також характерних для окремих басейнів речовин Fe, Mn, Cu, Zn, Cr. Серед різних методологій визначення фонових концентрацій були запропоновані наступні: моніторинг у фонових регіонах, ретроспективний аналіз, статистичний аналіз, моделювання, ймовірнісний метод, ансамблевий підхід.

Напрацьовано засади ретроспективного аналізу рядів гідрохімічних даних з урахуванням водності, метод та покроковий алгоритм ймовірнісно-статистичного розділення концентрації досліджуваних показників на природну та антропогенну складову.

Для побудови типоспецифічних класифікацій для визначення екологічного стану масивів поверхневих вод запропоновано методику квантування чисельних рядів концентрацій окремих елементів з використанням стохастичного моделювання, що дозволяє проводити розрахунки незалежно від циклів водності та антропогенного навантаження.

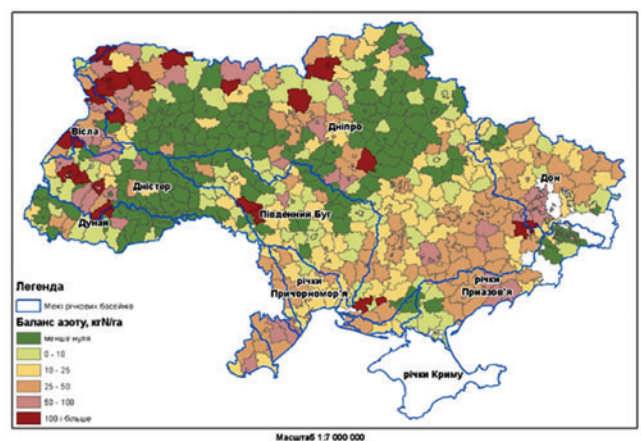
Виконано розрахунки фонових концентрацій окремих параметрів хімічного складу води у межах різних річкових басейнів України.

З 2021 р. співробітники ВГ долучились до виконання завдань державного моніторингу вод та проведення практичних оцінок екологічного стану вод у басейнах Сіверського Дінця, Дністра, Дунаю, у межах яких проводять практичну перевірку визначених фонових концентрацій

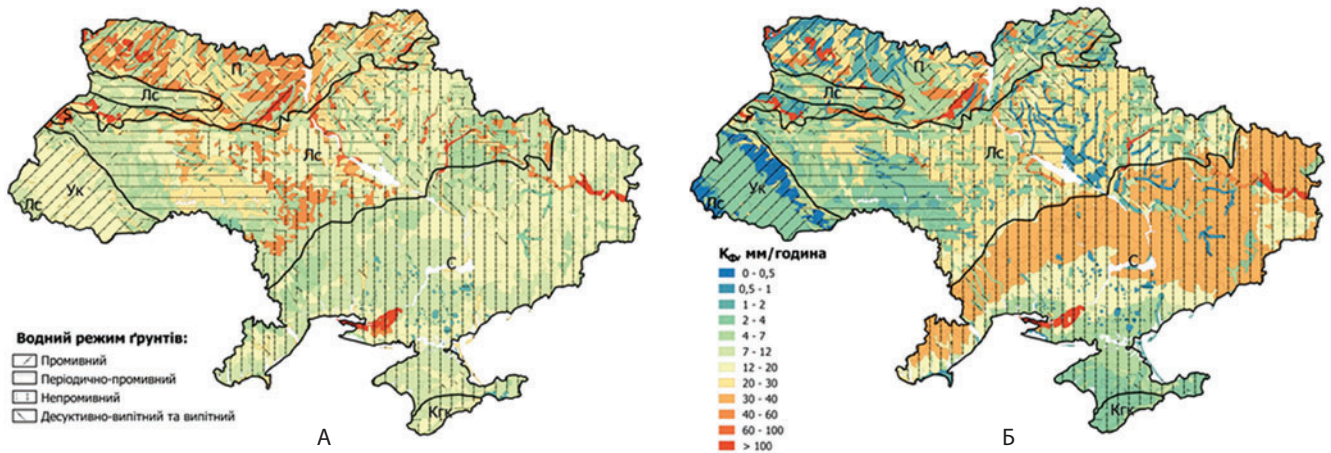
На малих стокових ділянках, облаштованих на Богуславській експериментальній базі УкрГМІ, виконано багаторічний цикл досліджень, які дозволили розкрити закономірності вимивання сполук азоту і фосфору, гумусових речовин та важких металів з водозбірної території та визначити кількісні параметри їхнього надходження у річкову мережу. Встановлено, що нітроген у річкову мережу переважно надходить у вигляді добре розчинної нітратної форми, а фосфор — у складі твердих частинок. Гумусові речовини та важкі метали вимиваються у вигляді



Методика розрахунку балансу нітрогену у ґрунтах



Баланс нітрогену у ґрунтових екосистемах станом на 2018 р.



Коефіцієнти фільтрації А — верхнього шару (А0, А1) та Б — нижнього шару (А2, В, С) ґрунтів України відповідно до зон агроґрунтового районування України (П — Південно-західна частина зони мішаних лісів, Українське Полісся (П), Лс- зона лісостепу, С — зона степу, УК — Українські Карпати, Кгк — Кримська гірська країна. Штриховкою позначено водний режим ґрунтів

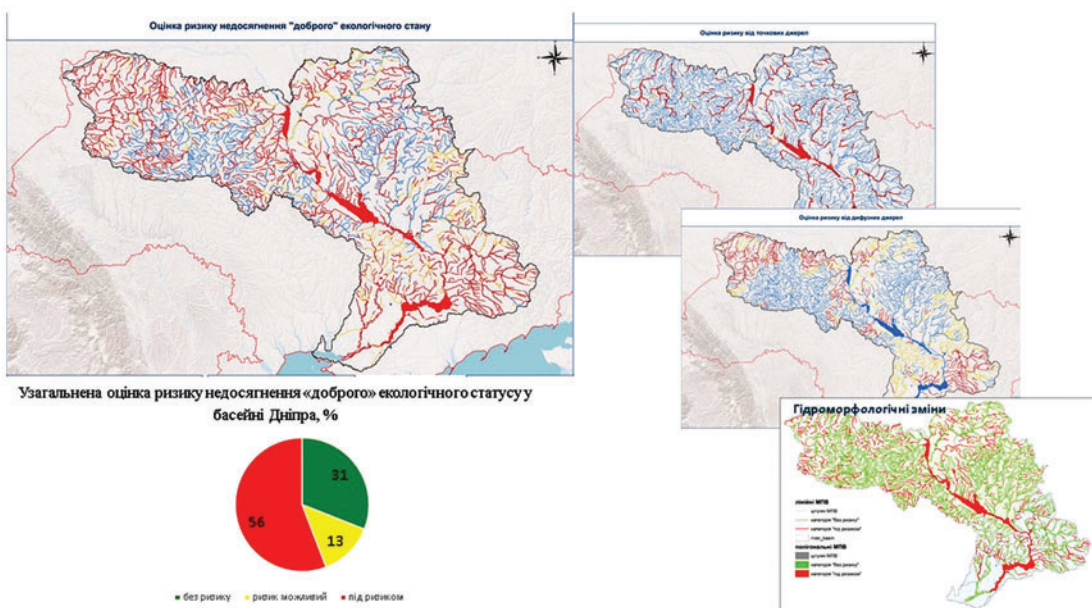
фульватних сполук. Розраховано коефіцієнти розподілу (Kd) досліджуваних елементів між твердою та рідкою фазами.

Внесення мінеральних добрив спричиняє різке зростання виносення біогенних елементів. Порівняно з природними умовами виносення N_{мін} зростає у 27 разів, фосфору у 4 рази. Змив азотних добрив з водним стоком становить близько 19%, а фосфорних — 0,2%.

На основі результатів натурних та лабораторних експериментів, даних фізико-хімічного термодинамічного та геоінформаційного моделювання, використання методів фрактальної самоодібності річкових систем, цифрового розділення стоку річок

вперше в Україні розроблена розрахункова система для аналізу та кількісної оцінки формування забруднення у межах річкових басейнів від точкових і розподілених джерел. Система дозволяє оцінити надходження забруднення у межах водозбору, проводити дослідження його основних джерел і трансформацію за довжиною річки, а також розробляти програми з мінімізації впливу й засобів управління.

Розроблена методологія була реалізована на практиці для визначення антропогенного навантаження басейнів Дніпра, Сіверського Дінця, Дністра та використана у ході підготовки Трансграничного діагностичного аналізу р. Дністер. Встановлено, що



Оцінка ризику недосягнення "доброго" екологічного стану у басейні Дніпра

найбільший вплив на екологічний стан річок чинять міські водогосподарські комплекси та змив з сільськогосподарських територій.

Співробітники ВГ постійно беруть участь у підготовці Планів управління річкових басейнів України. Виконано та передано у відповідні басейнові управління оцінку ризиків недосягнення “доброго” екологічного стану від дифузних джерел. Підготовлено підрозділ з оцінки навантаження від дифузних джерел у басейнах Дністра і Сіверського Дінця.

Для Плану управління басейном Дніпра підготовлено розділ з опису характеристик району річкового басейну та розділ з оцінки антропогенного навантаження та виникнення ризику недосягнення “доброго” екологічного стану. Підготовлені розділи з оцінки антропогенного навантаження для кожного суббасейну Дніпра.

Для Плану управління басейном Дону підготовлено розділ 7 “Огляд виконання програм або заходів, включаючи шляхи досягнення визначених цілей” та Доповнення розділу ПУРБ щодо аналізу антропогенних впливів на якісний стан поверхневих вод від точкових джерел. Оцінка дозволів на спецводокористування підприємств.

Співробітники ВГ активно співпрацюють з центральними органами виконавчої влади. Для реалізації Плану заходів “Про виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС” розроблено та передано у Міндовкілья та МінАПК наступні документи:

1. В інтересах Мінприроди для виконання завдання 1720 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р. в інтересах Мінприроди підготовлено Методику визначення зон, уразливих до (накопичення) нітратів, затверджену Наказом Міндовкілья від 15.04.2021 № 244, зареєстрованим в Мінюсті 10.06.2021 за № 776/36398. Методика буде використана для визначення зон, уразливих до забруднення нітратів у ході імплементації Нітратної директиви ЄС.

2. В інтересах Мінприроди для виконання завдання 1721 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р. щодо проведення оцінки вразливості підземних і поверхневих вод до забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел виконано аналіз зон, чутливих до забруднення нітратами та підготовлено перелік чутливих зон у поверхневих і підземних водах. Встановлено відповідність критеріальній базі та підготовлено перелік точок моніторингу поверхневих вод у системі гідрометеорологічної діяльності ДСНС та Держводагенства, за якими буде виділятися чутлива зона. Підготовлено перелік точок моніторингу підземних вод у системі Держгеонадра, за якими буде виділятися чутлива зона.

3. В інтересах МінАПК для виконання завдання 1721 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р.

щодо проведення оцінки вразливості підземних і поверхневих вод до забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел розроблено проєкт Кодексу кращих сільськогосподарських практик. Вказаний кодекс є одним із основних інструментів впровадження Нітратної директиви і направлений на зменшення забруднення нітратними сполуками від дифузних джерел.

4. В інтересах Мінприроди для виконання завдання 1721 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р. щодо проведення оцінки вразливості підземних і поверхневих вод до забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел розроблено План заходів щодо поетапного зменшення рівня забруднення поверхневих та підземних вод нітратами із сільськогосподарських джерел.

Для реалізації Плану заходів “Про виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС” підготовлено аналітична записка щодо впровадження Директиви Ради 91/676/ЄС від 21 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами із сільськогосподарських джерел, а також розроблена інфографіка про небезпеку забруднення вод нітратними сполуками та “цвітіння” води.

Співробітники ВГ активно співпрацюють з офісом реформ при Міндовкільлі, входять до Робочої групи водного сектору Міндовкільля, Робочої групи з питань моніторингу при Держводагенстві.

Співробітники відділу беруть активну участь у роботі міжнародних комісій, входять до складу робочих та експертних груп міжнародних організацій:

1. Міждержавна комісія із змін клімату, IPCC (ООН, ВМО) — Осадчий В.І. виконує функції контактної особи від України.

2. Міжнародна гідрологічна програма (UNESCO, WMO) — Осадчий В.І. виконує функції контактної особи від України.

3. Міжнародна комісія з захисту річки Дунай (МКЗД):

- експертна група з питань оцінки забруднення і розроблення заходів, обов’язки офіційного експерта України виконує Осадча Н.М.;
- цільова група щодо біогенного забруднення, Осадча Н.М. є офіційним експертом України.

4. Проєкт Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (EUWI+) номінував Осадчу Н.М. номінована національним координатором з питань моніторингу поверхневих вод.

5. Відділ гідрохімії від імені УкрГМІ виконує роль асоційованого стратегічного партнера EU проєкту Sediment-quality Information, Monitoring and Assessment System to support transnational cooperation for joint Danube Basin water management (SIMONA), при-

свяченого розробці системи інформації, моніторингу та оцінки якості донних відкладів для підтримки транснаціонального співробітництва для спільного управління водними ресурсами басейну Дунаю.

6. Відділ гідрохімії від імені УкрГМІ виконує роль асоційованого стратегічного партнера ЕУ проєкту “Tackling hazardous substances pollution in the Danube River Basin by Measuring, Modelling-based Management and Capacity building (Danube Hazard m3c)”, присвяченого оцінці забруднення поверхневих вод небезпечними хімічними речовинами.

Співробітники ВГ постійно беруть участь у міжнародному науковому співробітництві і мають великий досвід виконання міжнародних науководослідних проєктів:

1. “Selection and analysis of trace metals and organic pollutants content in sediments of Dnipro reservoirs cascade”, International Development Research Center (IDRC, Canada), 1997–1998 рр. Результатом роботи стало визначення забруднення донних відкладів дніпровських водосховищ.

2. Modelling of pollutant transformation on fresh surface water, INTAS, 1998 р. Результатом роботи стали методологія та реалізація моделювання трансформації важких металів у поверхневих водах.

3. “Working out and implementation of computer information — analytical system “Chemical composition and quality of the Ukraine surface water”, International Development Research Center (IDRC, Canada), 1999–2000 рр. Була розроблена інформаційно-аналітична система, націлена на аналіз гідрохімічної інформації.

4. UNDP-GEF Dnipro Basin Environment Program, 2001–2002 рр. Був створений Регіональний Центр Інформаційного Менеджменту, який забезпечував інформаційну підтримку Dnipro Basin Environment Program. Були розроблені основні засади менеджменту інформаційних потоків гідрохімічних даних.

5. UNDP-GEF Dnipro Basin Environment Program, 2002–2003 рр. Роботи були спрямовані на створення он-лайн інформаційної системи Ecological Dnipro Basin Database, а також визначення та оцінки “Гарячих” точок.

6. EU ETI, France project “Enhanced support to the Ukrainian Authorities responsible for implementation of the Danube and Ramsar”, 2010–2012. Результатом роботи було підготовка матеріалів щодо забруднення р. Дунай в межах України.

7. “Management of Transboundary Rivers between Ukraine, Russia and the EU — Identification of Science-Based Goals and Fostering Trilateral Dialogue and Cooperation” (Управління транскордонними річковими басейнами між Україною, Росією та ЄС — ідентифікація наукових цілей та сприяння трьохсторонньому

діалогу та співробітництву). На виконання проєкту було укладено договір з Технічним університетом Дрездена (Німеччина) згідно з грантом, наданим фондом “Фольксваген”. Підготовлено загальну характеристику трансграничних басейнів річок Десна та Західний Буг, проведено оцінку основних типів забруднення вод вказаних басейнів, а також виконано моделювання зміни стоку р. Десни відповідно до різних кліматичних проєкцій.

8. “Impacts of global climate changes on water resources in Ukraine estimated by variability of river discharges and hydrograph components (“Вплив глобальних змін клімату на водні ресурси України на основі оцінки мінливості водного стоку та компонентів гідрографа”) у рамках спільної угоди між Українською АН та Словацькою АН, 2017–2019 рр. У рамках проєкту виконано спільний експеримент на р. Богуславка з метою розділення гідрографа стоку за ізотопними маркерами та хімічними трайсерами.

9. “Підтримка України в апроксимації законодавства ЄС у сфері навколишнього середовища” APENA. 2017–2019 рр. В рамках цього проєкту здійснювалось наукове та науково-практичне керівництво впровадження Нітратної Директиви ЄС та Водного кодексу України.

10. ОБСЄ project щодо оцінки антропогенного навантаження у басейні Сіверського Дінця, 2018 р.

11. OSCE — GEF Hydrology project “Enabling Transboundary Cooperation and Integrated Water Resources Management in the Dniester basin”, 2018 р. У рамках підготовки транс-граничного діагностичного аналізу виконана оцінка антропогенного навантаження у басейні р. Дністер на території України.

12. OSCE project щодо визначення навантаження басейну Дністра від дифузних джерел, 2020 р.

13. “Development of draft River Basin Management Plane for Dnipro River Basin in Ukraine: Phase 1, Step 1 — description of the characteristics of the river basin” (Розроблення проєкту Плану управління басейном для басейну річки Дніпро в Україні: Фаза 1, Крок 1 — характеристика річкового басейну). Проєкт виконувався за підтримки Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проєкт EUWI+), у ході якого підготовлено загальну характеристику басейна р. Дніпро, 2018 р.

14. “Development of draft River Basin Management Plan for Dnipro River Basin in Ukraine: Phase 1, Step 2 — analysis of pressures & impact, risk assessment, environmental objectives for surface water bodies” (Розроблення проєкту Плану управління басейном для басейну річки Дніпро в Україні: Фаза 1, Крок 2 — аналіз тисків та впливів, оцінка ризиків, екологічні цілі для масивів поверхневих вод”. Цей проєкт

також виконувався за підтримки Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проєкт EUWI+), 2019-2020 рр. Виконано аналіз антропогенного навантаження басейну р. Дніпро відповідно до європейських стандартів.

15. Проєкт MedWater (<http://grow-medwater.de/home/>). Старший науковий співробітник ВГ Осипов В.В. був залучений університетом м. Байройт (UBAY — Universität Bayreuth) (Німеччина) для налаштування та прогнозування за допомогою SWAT впливу кліматичних змін на сільське господарство в Україні, 2019 р.

16. IAEA Research Contract No: 23912 "Isotope Data Network for Precipitation and Rivers in South-Western and Central Ukraine" 2020-2022. Проведення досліджень щодо вмісту природних ізотопів у атмосферних опадах.

17. UNICEF project LRPS-2020-9161367 "Analysis of programs and activities, as addition to the anthropogenic impacts analysis", 2021. В рамках проєкту був підготовлений аналіз державних, обласних та локальних програм, а також міжнародних проєктів щодо заходів управління водними ресурсами, а також оцінено їхню ефективність. Зроблено доповнення до аналізу антропогенного навантаження щодо небезпечних речовин.

Співробітники ВГ постійно працюють над поглибленням своїх знань. Старший науковий співробітник ВГ Осипов В.В. проходив стажування з питань моделювання водного стоку у Потсдамському інституті вивчення кліматичних змін (PIK, Німеччина) під керівництвом Dr.Fred Hatterman (2018 р.) та пройшов онлайн-навчання за курсом "Introduction to Climate Risk Informed Decision Analysis (CRIDA)" від UNESCO (2020 р.). Завідувач лабораторії регіональної гідрохімії Ухань О.О. та старший науковий співробітник Лузовицька Ю.А. пройшли 2 тренінги з ізотопної гідрології (2020 р., 2021 р.).

За період існування відділу гідрохімії підготовлено та захищено 8 дисертаційних досліджень за спеціальністю 11.00.07 — гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія:

Дисертації на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук:

- *Осадчий В.І.* Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України. 2008.
- *Осадча Н.М.* Закономірності міграції гумусових речовин у поверхневих водах України. 2011.

Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук :

- *Забокрицька М.Р.* Гідрохімічний режим та оцінка якості річкових вод басейну Західного Бугу на території України. 2005.

- *Ухань О.О.* Особливості формування хімічного складу та якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. 2007.
- *Мостова Н.М.* Закономірності формування хімічного складу і якості води в умовах теплового навантаження (на прикладі водойми-охолоджувача Запорізької АЕС). 2013.
- *Лузовицька Ю.А.* Стік розчинених речовин р. Десна та розроблення методів його моделювання. 2017.
- *Осипов В.В.* Моделювання стоку сполук нітрогену та фосфору з водозборів малих річок лісової зони України (на прикладі р. Головесня). 2017.
- *Клебанов Д.О.* Стік розчинених речовин у басейні р. Дунай у межах України в сучасний період. 2018.

У даний час у відділі навчається 2 аспіранти.

Відділ гідрохімії впевнено дивиться у майбутнє і планує свій розвиток відповідно до розробленої стратегії, яка ґрунтується на основних викликах сьогодення: вплив діяльності людини та кліматичних змін на стан поверхневих вод. Метою стратегії є забезпечення високого рівня фундаментальних робіт, підвищення значимості прикладних робіт та інтеграція у міжнародний науковий простір з метою забезпечення довготермінової конкурентної спроможності.

Напрямок І. Забезпечення науково-методичного супроводу державного моніторингу вод:

1.1. Розроблення (коригування) програми державного моніторингу вод відповідно до сучасної нормативної бази:

- Рекомендації щодо мережі спостереження вод у межах основних гідрографічних одиниць з метою встановлення екологічного стану;
- Рекомендації щодо мережі спостереження вод у межах основних гідрографічних одиниць з метою дослідження впливу кліматичних змін.

1.2. Розроблення Настанови з обробки та аналізу інформації у процесі виконання державного моніторингу вод.

1.3. Встановлення фонових концентрацій показників хімічного складу, що забезпечують референційні умови біологічних показників.

1.4. Розроблення типоспецифічних класифікацій показників хімічного складу у межах основних гідрографічних одиниць.

1.5. Розроблення методології оцінки довгострокових змін, викликаних антропогенними чинниками.

1.6. Проведення оцінки довгострокових змін, викликаних антропогенними чинниками.

1.7. Науково-методичне забезпечення системи оцінки якості вимірювань на мережі ДСНС відповідно до стандарту ISO 17025.

Напрямок II. Автоматизація оброблення та візуалізації інформації про хімічний склад поверхневих вод:

2.1. Розроблення web-базованої інформаційно-аналітичної системи "Гідрохімія" з прикладними модулями оброблення та візуалізації інформації.

2.2. Розроблення цифрового депозиторію ВГ щодо первинної гідрометеорологічної інформації.

Напрямок III. Дослідження геохімічного циклу біогенних елементів (БЕ), органічних речовин (ОР) та важких металів (ВМ) у межах річкових водозборів:

3.1. Забезпечення здатності наукової лабораторії до аналітичних вимірювань свинцю, ртуті та миш'яку.

3.2. Експериментальні роботи щодо закономірностей та форм міграції ОР, БЕ, ВМ у межах річкових водозборів.

3.3. Застосування хімічних та інших трасерів для дослідження закономірностей формування стоку ОР, БЕ, ВМ у межах основних класів землекористування.

3.4. Дослідження впливу землекористування та урбанізації на геохімічний цикл ОР, БЕ, ВМ.

3.5. Дослідження процесів внутріводоного утримання ОР, БЕ, ВМ.

3.6. Дослідження впливу донних відкладів на утримання/ремобілізацію БЕ, ОР, ВМ.

3.7. Розроблення концептуальної моделі для розрахунку емісійного потоку органічних речовин, біогенних елементів, небезпечних забруднюючих речовин і важких металів у межах річкового водозбору.

3.8. Впровадження відомих моделей для прогнозування емісійного потоку біогенних елементів, важких металів.

3.9. Дослідження окремих заходів для зменшення надходження біогенних елементів у річкову мережу.

3.10. Дослідження впливу ерозійних процесів на міграцію БЕ, ОР, ВМ.

Напрямок IV. Автоматизація проектування заходів мінімізації впливу забруднюючих речовин та прийняття управлінських рішень:

4.1. Автоматизація введення вхідної інформації у моделюючу систему прогнозування ступеню забруднення поверхневих вод сполуками азоту та фосфору.

4.2. Автоматизація системи побудови землекористування із застосуванням систем машинного навчання.

4.3. Впровадження даних по землекористуванню не більше 5–20 добової давності.

4.4. Автоматизація візуалізації вихідної інформації.

4.5. Автоматизація оцінки ймовірності евтрофікації.

Напрямок V. Дослідження геохімічного циклу небезпечних речовин (пестицидів) у межах річкового басейну:

5.1. Налагодження аналітичної бази для визначення вмісту пестицидів.

5.2. Розширення переліку визначуваних небезпечних показників до повного списку із 45 показників.

5.3. Експериментальні дослідження форм міграції пестицидів у наземних та водних екосистемах.

5.4. Експериментальні роботи щодо закономірностей міграції пестицидів у межах річкових водозборів.

5.5. Розроблення розрахункових схем для прогнозування емісійного потоку небезпечних речовин у річному та місячному розділенні.

Напрямок VI. Дослідження впливу кліматичних змін на показники хімічного складу поверхневих вод України:

6.1. Розроблення методології дослідження кліматичних змін.

6.2. Отримання кількісних характеристик впливу кліматичних змін у межах основних гідрографічних одиниць.

6.3. Впровадження кліматичних проєкцій у моделюючі комплекси.

6.4. Розроблення заходів для пом'якшення впливу кліматичних змін у межах основних гідрографічних одиниць.

6.5. Розроблення автоматизованої системи проєктування заходів для пом'якшення впливу кліматичних змін у межах основних гідрографічних одиниць.

Напрямок VII. Узагальнення особливостей геохімічного обігу компонентів хімічного складу води у межах основних гідрографічних одиниць України:

7.1. Підготовка монографій для кожного з основних річкових басейнів України та штучної системи каскаду Дніпровських водосховищ, монографії щодо басейнів Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу, Вісли, Дону, Приазов'я та Причорномор'я.

7.2. Каскад Дніпровських водосховищ.

Напрямок VIII. Підготовка наукових кадрів:

8.1. Підготовка наукових кадрів через аспірантуру та докторантуру.

НАЙВАГОМІШІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВЦІВ ВІДДІЛУ ЗНАЙШЛИ ВІДОБРАЖЕННЯ В НАСТУПНИХ ПУБЛІКАЦІЯХ:

- Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Springer International Publishing Switzerland, 2016, 265 p.
- Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. К.: Наукова думка, 2007. 455 с.
- Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. методи аналізу. К.: Ніка-центр, 2008. 655 с.
- Гідроекосистеми заповідних територій верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін / За ред. В.Д. Романенко, С.А. Афанасьєва, В.І. Осадчого. К.: Кафедра, 2013. ISBN 978-966-2705-62-1.
- Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Линник П.М., Набиванець Ю.Б. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод Монографія К.: Ніка-Центр, 2014. 240 с.
- Osadchy V., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Modelling of trace metal migration forms in water of the Dnieper reservoirs. *Ekologija* (Vilnius). 2003. 2. P. 63–67.
- Осадчий В.І., Осадча Н.М. Дослідження умов формування величини рН водних екосистем Дніпра, Дунаю, Західного Бугу. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 252. К., 2003. С. 40–52.
- Осадчий В.І., Осадча Н.М. Кисневий режим поверхневих вод України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 256. К., 2007. С. 265–287.
- Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б. Адаптація системи моніторингу поверхневих вод державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень Водної Рамкової Директиви ЄС. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 257. К.: Ніка-центр, 2008. С. 146–161.
- Ковальчук Л.А., Осадчая Н.Н., Осадчий В.І. Вероятностно-статистическое оценивание качества поверхностных вод по категориям. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 257. К.: Ніка-центр, 2008. С. 162–175.
- Осадча Н.М. По вплив гумінових і фульвокислот на колірність води. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 258. К.: Ніка-центр, 2009. С. 140–148.
- Осадча Н.М., Білецька С.В., Саливон-Пескова В.Я., Литвин М.Ю. Особливості надходження гумусових речовин з поверхні водозбору. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 18. С. 212–219.
- Осадча Н.М., Білецька С.В. Вертикальний розподіл гумусових речовин у донних відкладах дніпровських водосховищ. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 18. С. 201–212.
- Осадча Н.М. Розчинність гумінових кислот у поверхневих водах. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 3 (20). С. 95–102.
- Осадча Н.М. Полідисперсність гумусових речовин поверхневих вод басейну Дніпра. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2010. Вип. 259. С. 145–170.
- Осадча Н.М., Чернишова Л.О. Сорбція гумусових кислот завислими речовинами поверхневих вод. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 4 (21). С. 105–117.
- Форми міграції гумусових речовин у поверхневих водах. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2011. Вип. 260. С. 110–124.
- Лузовицька Ю.А., Осадча Н.М., Осадчий В.І. Винос біогенних елементів із водозбору річки Десни. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2011. Вип. 261. С. 117–138.
- Osadcha N., Lutkovsky V. Simulation of humic substances diffuse runoff during a snowmelt event at the experimental plot scale. *Die Bodenkultur Journal for Land Management, Food and Environment*. 2013. V. 64, No. 3–4. ISSN 0006-5471.
- Osadcha N., Osadchyy V., Lutkovsky V., Luzovitska Yu. and Artemenko V. Experimental research and mathematical modeling of nutrients release in a small watershed. *Die Bodenkultur Journal for Land Management, Food and Environment*. 2014. V. 65, No. 3–4. P. 5–11.
- Осипов В.В., Осадчая Н.Н. Выбор имитационной компьютерной модели для анализа выноса соединений азота и фосфора и ее апробация на малом речном водосборе. *Наук. праці УкрГМІ*. 2015. Вип. 268. С. 66–72.
- Осадчая Н.Н., Клебанов Д.А. Оценка выноса биогенных элементов с водосборной площади Дуная в современный период (1989–2012 гг.), основные факторы его формирования и пути регулирования. *Наук. праці УкрГМІ*. 2015. Вип. 268. С. 58–65.
- Осадчий В.І., Ковальчук Л.А., Осадча Н.М., Скриник О.Я. Моделирование бифуркаций статистических распределений концентраций азота аммонийного в Десне. *Доповіді Національної акад. наук України*. 2016. № 9. С. 88–93.
- Yatsiuk M., Nabyvanets Y., Osadcha N. Adaptation of Water Resource Assessment in Ukraine to European Legislation. *Gospodarska Wodna. Poland*. 2016. P. 1–15.
- Осадчая Н.Н., Клебанов Д.А., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б. Водный сток р. Дунай и оценка состояния его нижнего участка по общей минерализации воды. "Природопользование". *Журнал Института Природопользования НАН Беларуси*. 2016. № 30. С. 1–13.
- Osadcha N., Osadchyi V., Guzienko I., Nabyvanets Y., Artemenko V. Field Experimental Studies of the Leaching of Humic Substances from the Peat Soils and Estimation of their Role in Dissolved Iron Transportation. *Forum geografic. Rumania, V. XV, Supplementary Issue* (December, 2016). P. 85–93.
- Osypov V., Osadcha N. SWAT Model Application for Simulating Nutrient Emission from Agricultural Catchment on Territory of Ukraine. Стаття. *Forum geografic. Rumania, V. XV, Supplementary Issue* (December, 2016), P. 30–39.
- Fabian Krengel, Christian Bernhofer, Sergey Chalov, Vasily Efimov, Ludmila Efimova, Liudmila Gorbachova, Michal Habel, Björn Helm, Ivan Kruhlov, Yuri Nabyvanets, Natalya Osadcha, Volodymyr Osadchyi, Thomas Pluntke, Tobias Reeh, Pavel Terskii, Daniel Karthe. Challenges for transboundary river management in Eastern Europe — three case studies. *DIE ERDE. Journal of the Geographical Society of Berlin*. 2018. Vol. 149. No. 2–3. P. 157–172.
- Osypov, V., Osadcha, N., Hlotka, D., Osadchyi, V., & Nabyvanets, J. The Desna River Daily Multi-Site Streamflow Modeling Using SWAT with Detail Snowmelt Adjustment. *Journal of Geography and Geology, Canada*. 2018. 10 (3). P. 92–110.
- Volodymyr Osadchyi, Olesya Skrynyk, Roman Radchenko, Oleg Skrynyk Homogenization of Ukrainian air temperature data. *International Journal of Climatology*. 2017. № 38. P. 497–

505. https://www.researchgate.net/publication/318321995_Homogenization_of_Ukrainian_air_temperature_data
31. Осадчий В.І., Скриник О.Я., Ошурок Д.А., Скриник О.А. Ветровые ресурсы Тернопольской области. *Геоінформатика*. 2017. 64. С. 50–62.
32. Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 8. С. 29–46.
33. Liubov Vishnikina, Viktor Samoilenko, Ivan Dibrova, Volodymyr Osadchyi. Procedure of Landscape Anthropization Extent Modeling: Implementation for Ukrainian Physic-Geographic Taxons. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2018. Vol. 74 (2). P. 67–81. <http://www.irem.ktu.lt/index.php/irem/article/view/20646>
34. Osypov, V., Osadcha, N., Hlotka, D., Osadchyi, V., & Nabyvants, J. The Desna River Daily Multi-Site Streamflow Modeling Using SWAT with Detail Snowmelt Adjustment. *Journal of Geography and Geology*. 2018. 10 (3). P. 92–110.
35. Осадча Н.М., Ухань О.О., Чехній В.М., Голубцов О.Г. Оцінка емісії біогенних елементів та органічних речовин у поверхневі води басейну р. Сіверський Донець від дифузних джерел / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 192–201.
36. Осипов В.В., Спека О.С., Осадча Н.М. Моделювання гідрологічних процесів басейну річки Десна засобами SWAT (Soil and Water Assessment Tool) / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 122–132.
37. Осадчий В.І., Осадча Н.М. Методологічні підходи щодо управління якістю поверхневих вод / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 157–168.
38. Лузовіцька Ю.А., Осадча Н.М., Ухань О.О., Білецька С.В. Якість води р. Десна та тенденції її зміни з початку 2000 рр. / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр 2019. С. 201–209.
39. Ковальчук Л.А., Осадча Н.М. Методика розділення вмісту гідрохімічних компонент на природну і антропогенну складову та визначення референційного стану / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 247–261.
40. Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., Мостова Н.М. та ін. Теорія та практика досліджень хімічного складу поверхневих вод України в умовах впливу природних та антропогенних чинників / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 313–325.
41. Osypov, V., Speka, O., Chyhareva, A., Osadcha, N., Krakovska, S., Osadchyi, V., 2021. Water resources of the Desna river basin under future climate. *J. Water Clim. Chang.* 2021. 12. P. 3355–3372. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.034>.
42. Осипов, В.В., Осадча, Н.М., Осадчий, В.І., 2021. Кліматичні зміни та водні ресурси басейну Десни до середини ХХІ століття. *Reports Natl. Acad. Sci. Ukr.* 2021. 2. С. 71–82. <https://doi.org/10.15407/dopovid2021.02.071>.
43. Осипов, В.В., Бончковський, А.С., Орещенко, А.В., Ошурок, Д.О., Осадча, Н.М., 2021. Обчислення кількості опадів на українських метеостанціях із врахуванням впливу вітру. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 55.



СИСТЕМНІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ю. Набиванець, Є. Василенко, К. Данько

Відділ системних гідрометеорологічних досліджень був створений у 2004 році. Основними напрямками діяльності відділу є здійснення наукових досліджень, спрямованих на забезпечення сучасними методичними та методологічними підходами процесу отримання гідрометеорологічної інформації, впровадження у практичну діяльність інституту та організацій національної гідрометслужби сучасних методик та методів здійснення гідрометеорологічних спостережень за складовими довкілля, комп'ютерних систем для зберігання, оброблення та передачі інформації, науково-методичне забезпечення гідрометеорологічних досліджень оперативного-виробничих підрозділів державної системи гідрометеорологічних спостережень.

До 2014 року наукова діяльність відділу була зосереджена на дослідженнях стану поверхневих вод України, вивченню динаміки вмісту та трансформації елементів, їх хімічного складу. Зокрема науковці відділу брали участь у розробленні методологічної основи розрахунку балансу біогенних речовин (сполук азоту та фосфору) за рахунок ерозійного виносу з ґрунтового комплексу, дослідженнях, спрямованих на вивчення впливу внутрішньоводойменних процесів на формування якості поверхневих вод України. Результати досліджень були опубліковані у співавторстві з провідними науковцями інституту у наукових монографічних виданнях.

З 2014 року співробітники відділу здійснюють наукові та науково-прикладні дослідження, спрямовані на імплементацію на національному рівні положень директив Європейського Союзу у водному секторі, а саме Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року про

встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики (Водної Рамкової Директиви) та Директиви 2007/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку та управління ризиками затоплення (Паводкової Директиви).

За участі науковців відділу була розроблена методологія визначення референційних значень концентрацій гідрохімічних показників якості поверхневих вод України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви із задіянням різних методів розрахунку референційних концентрацій компонентів хімічного складу та меж класів якості поверхневих вод: статистичні (на основі "методу перцентилів"); з використанням 3-х моделей статистичного розподілу величин концентрацій хімічних елементів.

У 2016 році була підготовлена остаточна редакція проєкту документу "Методика попередньої оцінки ризиків затоплення" (К. Данько, Ю. Набиванець). Під час розроблення зазначеного документу були враховані вимоги та положення Паводкової Директиви. Беручи до уваги той факт, що на той час не існувало загальноприйнятого керівного документу з імплементації Директиви та здійснення попередньої оцінки ризиків затоплення, був проведений аналіз досвіду країн Західної Європи із зазначеної проблематики. Зокрема до уваги брався проєкт документу "Регіональне керівництво з управління ризиками повеней" (розроблений в рамках проєкту PPRD East 2, <http://pprdeast2.eu/ru/>), матеріали регіональних семінарів з питань впровадження директив Європейського Союзу у водному секторі (проводились за підтримки міжнародного проєкту APENA, <http://www.env-approx.org/index.php/ua/>),



Монографії з гідрохімічного напрямку досліджень відділу

досвід відповідних водогосподарських організацій та інститутів Словаччини та Чехії, результати консультацій з міжнародними експертами.

З 2018 року до складу відділу системних гідрометеорологічних досліджень входять дві лабораторії:

- лабораторія гідроморфологічного моніторингу;
- лабораторія оцінки та управління ризиками затоплень.

Завданнями, які вирішуються **лабораторією гідроморфологічного моніторингу**, є наступні:

- проведення науково-дослідних, науково-методичних та експериментальних робіт, спрямованих на дослідження гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод у межах районів річкових басейнів України;
- оцінка динаміки зміни гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод категорій "Річки", "Озера";
- дослідження руслових процесів річок та переформування берегів озер та водосховищ у тому числі в умовах регіональних кліматичних змін, спричинених глобальною зміною клімату;
- розроблення нових підходів та методів, спрямованих на покращення гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод різних категорій;
- розроблення методик оцінки гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод;
- розроблення програм гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод із урахуванням особливостей районів річкових басейнів;
- підготування матеріалів для Планів управління районами річкових басейнів;
- науково-методичне керівництво та супровід гідрометеорологічних установ та організацій, що здійснюють гідроморфологічний моніторинг.

Діяльність **лабораторії оцінки та управління ризиками затоплень** спрямована на вирішення наступних завдань.

1. Розвиток фундаментальної складової:

- ідентифікація екологічних ризиків у районах річкових басейнів України, пов'язаних з несприятливими проявами природних та антропогенних змін гідрологічного режиму річок;
- розроблення фонових прогнозів загальних руслових переформувань за різними сценаріями зміни стоку річок;
- дослідження гідрометеорологічних явищ та процесів, що спричиняють гідрологічні надзвичайні ситуації, їх просторово-часової динаміки;
- дослідження взаємозв'язку та взаємообумовленості гідрологічних надзвичайних ситуацій з метеорологічними, геологічними, геофізичними над-

звичайними ситуаціями та з надзвичайними ситуаціями, які виникають унаслідок гідродинамічних аварій на гідротехнічних спорудах;

- розроблення нових/адаптація існуючих гідрологічних моделей швидкісних та просторових трансформацій потоку в руслі, поширення зон затоплень, зумовлених гідрологічними надзвичайними ситуаціями.

2. Розвиток прикладної складової:

- розроблення карт загроз та ризиків затоплення у межах районів річкових басейнів з урахуванням результатів попередньої оцінки ризиків затоплення та досвіду країн-членів ЄС у впровадженні Паводкової Директиви ЄС);
- розроблення підходів та методів прогнозування та попередження гідрологічних надзвичайних ситуацій;
- розроблення та підтримка баз даних/інформаційних системи з метою забезпечення автоматизованого збору, зберігання та обробки даних гідроморфологічного моніторингу та оцінки гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод, гідрологічної інформації стосовно небезпечних гідрологічних явищ, розроблення карт загроз та ризиків затоплення.

З 2018 року наукова діяльність відділу та лабораторій була зосереджена на 2-х головних напрямках:

1. Наукова підтримка гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорій "Річки" та "Озера".

2. Оцінювання, прогнозування та управління повеннями та паводками у річкових басейнах України.

Головною метою досліджень за **1-м напрямом** було започаткування в Україні гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод районів річкових басейнів України у відповідності до міжнародних стандартів і вимог та його подальший науково-методичний супровід. Науковим базисом робіт слугували результати дослідження з цієї тематики вчених Київського національного університету імені Тараса Шевченка (О. Ободовський, О. Коноваленко, З. Розлач, В. Онищук).

Фахівцями лабораторії гідроморфологічного моніторингу була розроблена методика гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорій "Річки" (рівнинні та гірські) та "Озера", затверджена Наказом Українського гідрометцентру за № 23 від 19.02.2019 р. Методика визначає процедуру оцінки гідроморфологічних показників, що забезпечують нормальне функціонування біологічних угруповань у річках та озерах, передбачає здійснення загальної оцінки річкового та озеражного природних середовищ з метою розроблення низки

відповідних заходів, спрямованих на відновлення умов, які відповідають їх природному стану. Також, Методика визначає основні вимоги до здійснення гідрометеорологічними організаціями ДСНС України гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорії “Річки” та “Озера”. Положення Методики базуються на вимогах відповідних стандартів та керівних документів країн Європи.

В рамках цієї роботи також розроблено проєкт програми здійснення гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод для структурних підрозділів Українського гідрометеорологічного центру та проєкти таблиць звітності для занесення результатів гідроморфологічного моніторингу. За розробленою програмою у 2019–2020 рр. був здійснений гідроморфологічний моніторинг масивів поверхневих вод району басейну річки Дон. Також, у рамках проєкту “Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для Східного партнерства (EUWI + 4Еар)” 2019 року науковцями лабораторії проведено гідроморфологічний моніторинг у басейні річки Рось.

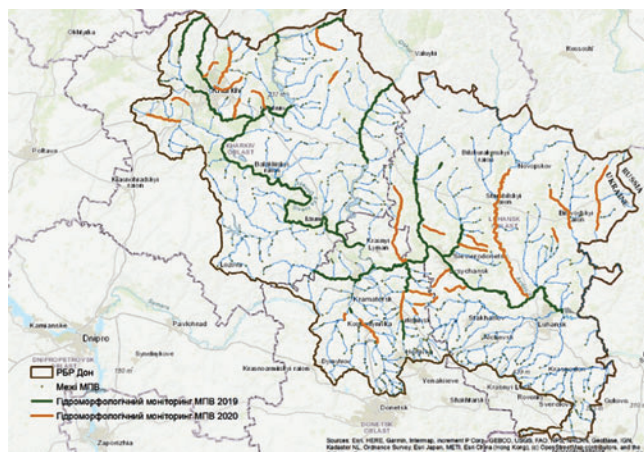
Науковцями лабораторії (О. Коноваленко, Є. Василенко, О. Кошкіна, Ю. Набиванець) за підтримки міжнародного проєкту “Підтримка України в апроксимації законодавства ЄС у сфері навколишнього середовища” (АРЕНА) та за зверненнями Українського гідрометцентру була проведена низка науково-практичних семінарів з працівниками гідрометеорологічних організацій з метою відпрацювання практичних аспектів здійснення гідроморфологічного моніторингу поверхневих водних об’єктів України (2017–2019 рр.).

У 2021 році на звернення Українського гідрометцентру та гідрометеорологічних організацій, на які було покладено здійснення гідроморфологічного моніторингу, були розроблені Методичні рекомен-

дації з гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорії “Річки” (В. Василенко, О. Кошкіна, Ю. Набиванець, О. Коноваленко, Т. Маслова). Метою написання Методичних рекомендацій з гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорії “Річки” було надання фахівцям гідрометеорологічних організацій Державної служби України з надзвичайних ситуацій допомоги в оволодінні практичними навичками гідроморфологічного моніторингу та оцінювання гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод категорії “Річки”. Методичні рекомендації базуються на основних вимогах керівних стандартів з визначення ступеню зміни гідроморфології річок BS EN 14614:2004 та BS EN 15843:2010, які використовують всі країни Європейського союзу. При розробці рекомендацій використовувались нароби словацьких та хорватських учених. Документ детально, покроково описує процес здійснення гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорії “Річки”, починаючи з допольових досліджень, і закінчуючи роботою безпосередньо на водних об’єктах. Широке використання ілюстративного матеріалу (фотографій, супутникових знімків, тощо) сприяє кращому розумінню практичних аспектів здійснення гідроморфологічного моніторингу.

Методичні рекомендації з гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорії “Річки” були затверджені наказом Українського гідрометцентру за № НС — 66/99 від 21.07.2021 р. та впроваджені у діяльність гідрометеорологічних організацій, на які покладено здійснення гідроморфологічного моніторингу, з 01.08.2021 р.

З метою зберігання, аналізу та порівняння результатів гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорії “Річки” в межах районів річкових басейнів України, здійсненого в різні роки,



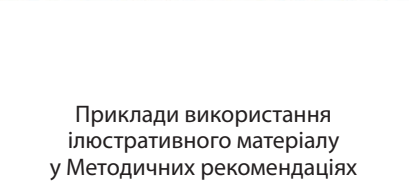
Гідроморфологічний моніторинг масивів поверхневих вод району басейну річки Сіверський Донець



Науково-практичні семінари з гідроморфологічного моніторингу

Таблиця 4.17. Оцінювання пошкодження 16а – Можливість затоплення заплави

Група балів А – Класичні				
1	2	3	4	5
0-5% відраку заплави від протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають або порушують затоплення заплави	>5-15% відраку заплави від протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають або порушують затоплення заплави	15-35% відраку заплави від протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають або порушують затоплення заплави	>35-75% відраку заплави від протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають або порушують затоплення заплави	> 75% відраку заплави від протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають або порушують затоплення заплави
Група балів Б – Ясківі				
1	2	3	4	5
Відраку або незнач. відраку, або вплив протиповодкового комплексу є мінімальний, що перешкоджає або порушує затоплення заплави (напр. поглиблення)	Спостерігається помірний вплив на відраку протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають або порушують затоплення заплави	Більша частина відраку є під впливом протиповодкового комплексу споруд, що перешкоджають затопленню заплави		



Приклади використання ілюстративного матеріалу у Методичних рекомендаціях

а також оцінки їх якості за гідроморфологічними показниками, розроблена інформаційно-аналітична система зберігання та обробки даних гідроморфологічного моніторингу "ГідроМ" (В. Василенко, О. Кошкіна, О. Коноваленко, Ю. Набиванець, Д. Клебанов). Система створена на основі нормативного документу "Методичні рекомендації з гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод категорій "Річки".

Система працює на базі даних MySQL, доступ до наповнювання та відображення даних організовано через Веб інтерфейс на основі сервера Apache. Система розміщена на сервері Українського гідрометцентру. Система впроваджена в гідрометеорологічних організаціях, на які покладено здійснення гідроморфологічного моніторингу; для спеціалістів цих організацій був проведений тренінг-семинар з використання системи "ГідроМ" в оперативній роботі (В. Василенко, О. Кошкіна, Ю. Набиванець).

Результати оцінки стану масивів поверхневих вод районів річкових басейнів України, які отримуються за допомогою інформаційно-аналітичної

2. ПОКАЗНИКИ РИЗИКА НА ДІЛНИ ОБ'ЄКТА

2.1. Площа водозбору (км²) 2.2. Відстань від гори (км) 2.3. Середній нахил річки на 10 (секс)

2.4. Поперечний переріз русла

Центральний Одиноканий Одиноканий з виступом

Неперерваний Штучний (залізний профіль)

Складчастий Дерев'яні пали Колі жові а також металеві (борозни поперіви) бетон

2.5. Берегоукріплення (поширення ґрунтового укріплення через "X") Висуні

Уривні береги Дерев'яні пали Колі жові а також металеві (борозни поперіви) бетон

2.6. Розмір поперечного перерізу русла м

Одиноканий Одиноканий з виступом

Повна ширина Півширина Класифікація Півширина Класифікація

2.7. Кількість впадіння (впадинних поглиблень)

Низьке Середнє Високе

2.8. Поверхня макрофіт (впадинних поглиблень)

Низька Середня Висока

2.9. Схеми форми русла (сучасна)

Одне русло: Батарея русел

Прямі Руслові батареї

Мандрувуваті Перешкоди Руслові батареї

Сабозокучуваті Руслові батареї (окреслені)

2.10. Форма річкових заплави

Вузький прохід V-форми Велика U-форми

Мала U-форми (<500 м ширини) Асиметрична

Неповна річкова заплава

2.11. Наявність шиб річкових порожків

Чи є мезорічкові порожки? Висуні Протисні Штучні

Наявність мезорічкових порожків, що заважають випливу на більш низькому місцевості

Так, величезно Так, величезно Так, величезно Так, величезно

Висота порожків: < 0,3 м 0,3 - 1 м 1 - 2 м > 2 м

Відстань до порожків: Високо в течево Низько в течево Високо в течево Низько в течево

Наявність шибуватих споруд для покращення міграції (поширення наявності через "X")

Наявні споруд для міграції Наявні споруд для міграції

системи "ГідроМ", в подальшому використовуються для оцінки їх екологічного стану та розроблення Планів управління басейнами річок.

Дослідження відділу за **2-м напрямом** (Оцінювання, прогнозування та управління повеннями та паводками у річкових басейнах України) спрямовані на імплементацію положень Паводкової Директиви ЄС, зокрема на розроблення Планів управління ризиками затоплень.

Дослідження за цим напрямом розпочались у 2016 р. З урахуванням національного законодавства України розроблені національні положення для здійснення попередньої оцінки ризиків затоплення, розроблення

карт загроз і ризиків затоплення, а також порядок розроблення плану управління ризиками затоплення для районів річкових басейнів. Зокрема була розроблена Методика попередньої оцінки ризиків затоплення (К. Данько Ю. Набиванець).

Попередня оцінка ризиків затоплення забезпечує узгоджене уявлення про ризики на всіх басейнах річок України, визначення зон потенційно значних ризиків затоплення. Розроблена Методика дозволяє оцінити минулі і потенційно можливі майбутні затоплення, а також пов'язані з ними негативні наслідки, передбачає оцінювання потенційних ризиків з усіх можливих джерел затоплення.

Попередня оцінка ризиків затоплення включає опис та оцінку затоплень для яких є:

- висока ймовірність повторення;
- передбачена ймовірність повторення затоплення.

Опис та оцінка затоплень також включає аналіз негативних наслідків для:

- здоров'я людини (соціальні наслідки);
- довкілля;



Стартова сторінка системи

Результуюча таблиця гідроморфологічного моніторингу для ділянки об'єкта

Баловий показник	Значення балу	Клас
Класифікація	1,40	1
Нахил річки	3,22	1
Степ	5,00	3
Неперервність русла	1,40	1
Річкові русла	1,40	1
Берегоукріплення (за наявності)	1,45	1
Заплава	3,22	1
У загальному до балу		2_3_1

1 Високий до середнього
2 Середньоміжний
3 Середньоміжний
4 Середньоміжний
5 Низький до середнього

Результуюча таблиця гідроморфологічного моніторингу для масиву поверхневих вод

Код річки	Код НРВ	Річка	Клас	Витік річки	Середній витік	Річкова мережа	Річкова мережа
UA_N.S.1	UA_N.S.1_0003	Свердловий Дінець	3	-	-	-	2020-2019

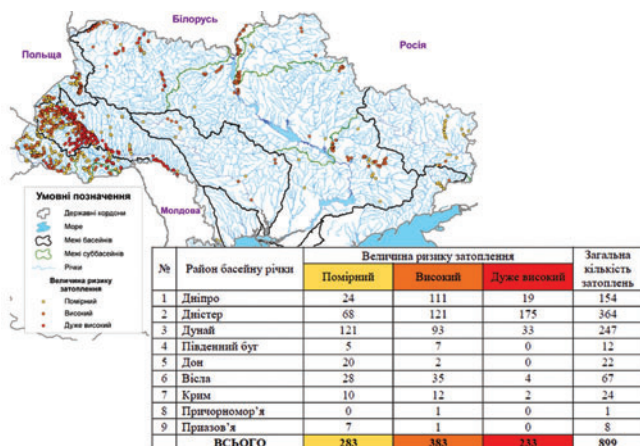
Візуалізація результатів оцінки стану об'єкту за гідроморфологічними показниками

- галузей економіки;
- культурної спадщини.

Методика попередньої оцінки ризиків затоплення затверджена наказом Міністерства внутрішніх справ України за № 30 від 17 січня 2018 р.

Згідно з Методикою здійснено попередню оцінку ризиків затоплення територій 9 районів басейнів річок України у відповідності до Водного Кодексу України. Виконано опис минулих затоплень річковими водами, які завдали значної шкоди об'єктам ураження і ймовірність повторення яких залишається високою, або повторення яких може спричинити значні негативні наслідки. Всього проаналізовано 899 подій, пов'язаних із такими затопленнями. Оцінено ризик виникнення таких затоплень. За результатами оцінки виділено території, які мають потенційно значні ризики затоплення. Визначено 221 територію у районах річкових басейнів України, які мають потенційно значні ризики затоплення, їх межі та локалізацію. Розроблені карти районів річкових басейнів України включно з територіями, які мають потенційно значні ризики затоплення.

Науковцями відділу (К Данько, О. Коноваленко, О. Лободзінський, Ю. Філіппова, К. Сокольчук), в рамках роботи з розроблення карт загроз та ризиків затоплення за підтримки проекту ГЕФ/ПРООН/ОБСЄ/ЄЕК ООН "Сприяння транскордонному співробітництву та комплексному управлінню водними ресурсами в басейні річки Дністер" та за кошти Державного бюджету України впродовж 2019–2021 рр. здійснено низку польових експедиційно-вишукувальних робіт на річках басейнів Дністра, Дніпра, Вісли та Дунаю. Зокрема проведено топографо-геодезичні та гідрометеорологічні вимірювання на понад як 220 дослідницьких розрахункових створах річок. За використання растрів мозаїки топографічних карт масштабу 1:10000 у СК-42 та СК-63 для територій, які мають потенційно значні ризики затоплення (ТПЗРЗ), районів річкових басейнів України здійснюються роботи зі створення гідрологічно-коректних цифрових моделей рельєфу. Впродовж 2020–2021 рр. цифрові моделі рельєфу підготовлені для ТПЗРЗ — рр. Опір, Бистриця, Бистриця-Надвірнянська, Бистриця-Солотвинська, Кучурган, дельта річки Дністер, Горинь (с. Городець-держкордон (Україна-Білорусь)). За підготовленими цифровими моделями рельєфу та матеріалами польових експедиційно-вишукувальних робіт розробляються гідродинамічні 1D та 2D моделі на базі гідрологічного моделюючого комплексу HEC-RAS. Для моделювання зон затоплення виконується ряд гідрологічних розрахунків максимальних витрат води та розрахункових гідрографів водопілля і дощових паводків. Відповідно до вимог чинного за-



Ризики затоплень у районах річкових басейнів України

конодавства України гідрологічні розрахунки, моделювання зон затоплень та розробка карт загроз і ризиків затоплення здійснюється для трьох різних сценаріїв водності. Усі розрахунки здійснюються за сценаріїв проходження повеней з ймовірністю перевищення 0,2%, 1,0% та 10,0%.

Співробітники відділу беруть активну участь у міжнародному науковому та науково-технічному співробітництві, входять до складу робочих та експертних груп міжнародних організацій.

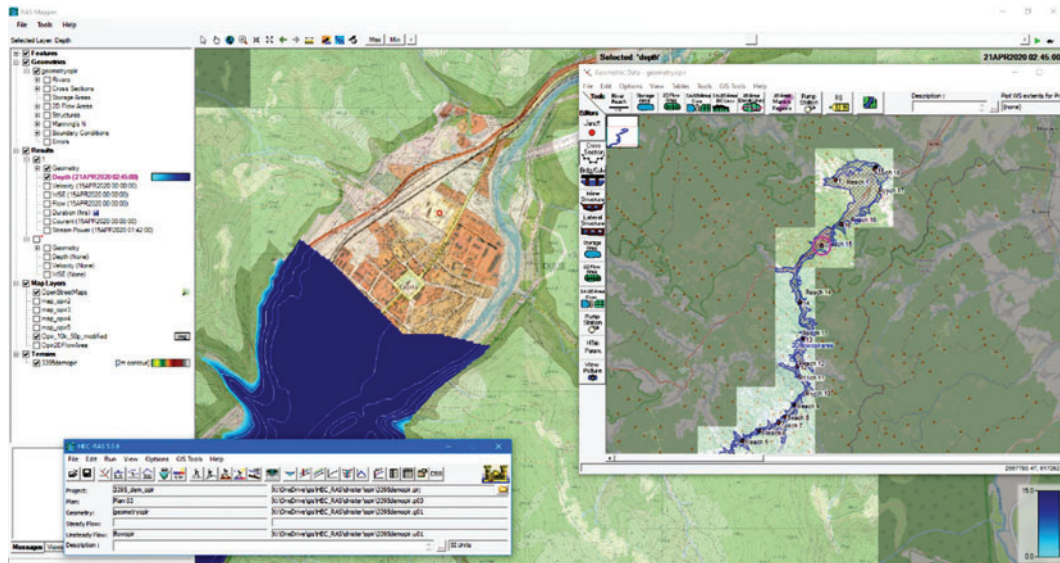
1. Міжнародна комісія з захисту річки Дунай (МКЗД):

- Експертна група з моніторингу та оцінки (Ю. Набиванець);
- Експертна група з попередження та контролю аварій (Ю. Набиванець, співголова);
- Цільова група з гідроморфології (О. Коноваленко, Є. Василенко).

В рамках співробітництва з МКЗД Ю. Набиванець був визначений Національним координатором 3-ї (2013) та 4-ї (2017) Спільних дунайських експедицій,



Території, які мають потенційно значні ризики затоплення у районах річкових басейнів України (ТПЗРЗ)



Робочий інтерфейс вікна налаштування геометрії даних зони стоку та візуалізація процесу стоку води річки Опір в районі м. Сколе (з метою калібрування моделі масштаб паводку на рисунку свідомо перебільшено)

метою яких було дослідження якості води р. Дунай та її основних притоків.

2. Комісія зі сталого використання та охорони річки Дністер (Дністровська комісія):

- Робоча група з питань надзвичайних ситуацій (Ю. Набиванець, К. Данько).

3. Комісія з захисту Чорного моря від забруднення (Чорноморська комісія):

- Консультативна група з моніторингу та оцінки забруднення (Ю. Набиванець).

Міжнародна наукова діяльність відділу також знайшла відображення в участі співробітників в реалізації низки міжнародних наукових проєктів:

- проєкт “Зміна клімату та безпека у басейні Дністра”. Проєкт реалізовувався за підтримки Ініціативи з навколишнього природного середовища та безпеки (ENVSEC), Європейської економічної комісії ООН, Організації з безпеки та співробітництва у Європі (ОБСЄ) та Австрійського співробітництва з розвитку (Austrian Development Cooperation).
- проєкт “Управління небезпечними та кризовими ситуаціями в дельті Дунаю” за підтримки Федерального міністерства з навколишнього природного середовища, збереження природи та ядерної безпеки (Німеччина), Федерального агентства з навколишнього природного середовища (Німеччина) та Програми допомоги Конвенції з трансграничного впливу промислових аварій Європейської економічної комісії ООН.
- проєкт “Удосконалення системи гідрологічного прогнозування притоку води до Дністровського водосховища”. Виконання проєкту було одним з пріоритетних адаптаційних заходів у рамках компоненту “Зміна клімату та безпека у басейні Дні-

ра” проєкту “Зміна клімату та безпека у Східній Європі, Середній Азії та на південному Кавказі”. Проєкт реалізувався Європейською Економічною Комісією ООН та Організацією з безпеки та співробітництва у Європі в рамках ініціативи “Оточуюче середовище та безпека” за фінансової підтримки “Інструменту стабільності” Європейської комісії та Австрійської агенції розвитку.

- проєкт “Management of Transboundary Rivers between Ukraine, Russia and the EU — Identification of Science-Based Goals and Fostering Trilateral Dialogue and Cooperation” (Управління трансграничними річковими басейнами між Україною, Росією та ЄС — ідентифікація наукових цілей та сприяння трьохсторонньому діалогу та співробітництву). На виконання проєкту було укладено договір з Технічним університетом Дрездена (Німеччина) згідно з грантом, наданим фондом “Фольксваген”.
- проєкт “Підтримка України в апроксимації законодавства ЄС у сфері навколишнього середовища” APENA. В рамках цього проєкту здійснювалось наукове та науково-практичне керівництво запровадження гідроморфологічного моніторингу в Україні згідно з вимогами Водної Рамкової Директиви ЄС та Водного кодексу України.
- проєкт “Development of draft River Basin Management Plan for Dnipro River Basin in Ukraine: Phase 1, Step 1 — description of the characteristics of the river basin” (Розроблення проєкту Плану управління басейном для басейну річки Дніпро в Україні: Фаза 1, Крок 1 — характеристика річкового басейну). Проєкт виконувався за підтримки Водної

ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проект EUWI+).

- проєкт "Development of draft River Basin Management Plan for Dnipro River Basin in Ukraine: Phase 1, Step 2 — analysis of pressures & impact, risk assessment, environmental objectives for surface water bodies" (Розроблення проєкту Плану управління басейном для басейну річки Дніпро в Україні: Фаза 1, Крок 2 — аналіз тисків та впливів, оцінка ризиків, екологічні цілі для масивів поверхневих вод". Цей проєкт також виконувався за підтримки Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проект EUWI+).
- проєкт "Evaluating Groundwater Resources and Groundwater-Surface-Water Interactions in the Context of Adapting to Climate Change" (Оцінка ресурсів підземних вод та взаємодій у системі підземні води-поверхневі води в контексті адаптації до зміни клімату), який реалізовується за підтримки МАГАТЕ. Ю. Набиванець був визначений Національним координатором зазначеного проєкту.

Співробітники відділу мають багаторічний досвід роботи в сфері гідрології та гідравліки річкових русел, понад як десятирічний досвід польових експедиційних досліджень в тому числі і на річках Грузії, Боснії і Герцеговини, Румунії, Таджикистану. Географія річок, на яких проводились інженерні гідрометеорологічні та гідроекологічні вишукування поза межами України, представлена наступними водними об'єктами:

1. Басейн Чорного моря:

- басейн річки Дунай (в Боснії і Герцеговині — річка Врбас; в Румунії — озера в басейні річки Сірет);
- басейн річки Енгурі/Інгурі (в Грузії — річки Енгурі/Інгурі, Ненскра, Каслети, Ормелеті/Дарчі, Іпарі, Херла, Накра, Магана, Джумі);
- басейн річки Ріоні (в Грузії — річки Лухуні, Цхенісцкалі, Хередула);
- басейн річки Супса (в Грузії — річка Губазеулі);
- басейн річки Чорох (в Грузії — річки Аджарісцкалі, Схалта, Чірухісцкалі);

2. Басейн Каспійського моря:

- басейн річки Терек/Тергі (в Грузії — річка Терек / Тергі);

3. Басейн Адріатичного моря:

- басейн річки Неретва (в Боснії і Герцеговині — річка Неретвиця);

4. Басейн Аральського моря:

- басейн річки Амудар'я (в Таджикистані — річка Шохдара).

Сучасне матеріально-технічне забезпечення відділу дозволяє вирішувати широкий спектр науково-прикладних завдань:

- GNSS приймач Leica GS-08 plus та контролера CS10. Здійснює визначення геодезичних координат у різноманітних системах координат (СК-63, УСК-2000, WGS84).
- GPS/ГЛОНАСС. Точність вимірів у плані: статична зйомка: 3 мм + 0,5 мм/км; точність вимірів за висотою: статична зйомка: 6 мм + 0,5 мм/км; точність вимірів у плані: кінематична зйомка: 10 мм + 1 мм/км; точність вимірів за висотою: кінематична зйомка: 20 мм + 1 мм/км.
- Квадрокоптер / БПЛА / "ДРОН" Phantom 4 Pro 2.0. Дозволяє виконувати рекогносцирувальні обстеження місцевості проведення вишукувальних робіт, створювати аерофотознімки та ЦММ і ЦМР. Максимальна дальність — 7 км; роздільна здатність камери — 4 К; максимальна швидкість — 72 км/год; час польоту — 30 хв; вертикальне позиціонування — 0,1–0,5 м; горизонтальне позиціонування — 0,3–1,5 м.
- Електронний тахеометр — Sokkia Set530RK. Використовується при виконанні топографо-геодезичних робіт та гідрометричних вимірюваннях. Точність виміру кутів (вертикальних та горизонтальних) — 5"; дальність визначення відстаней — до 5000 м.
- Гідрометричні млинки: ГР-21, ГР-55 на штанзі ГР-56М. Застосовуються при вимірюванні витрат води на рівнинних (ГР-21) та гірських річках (ГР-55). Глибина вимірювання ГР-56М — 0–400 см.
- Ехолот / GPS-плоттер STRIKER Plus 4 GARMIN. Застосовується при виконанні промірних гідрометричних робіт на річках та водоймах з глибиною понад 5 метрів. Кількість частот — 3. Наявність GPS. Максимальна глибина — 480 м.
- Човен Bark 310 зі стаціонарним транцем. Використовується для пересування по акваторії во-



Дослідження на водних об'єктах



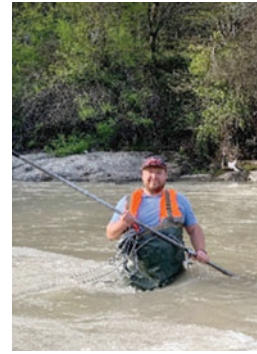
GNSS приймач
Leica GS-08 plus



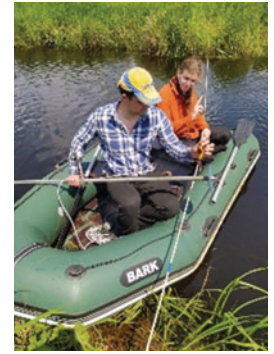
Phantom 4 Pro 2.0



Електронний тахеометр
— Sokkia Set 530RK



Гідрометричний
млинок на штанзі



Човен Bark 310

дойм та річок та при проведенні гідрометричних робіт. Пасажиромісткість 3 особи. Ширина 146 см. Довжина 310 см. Довжина кокпіту 208 см. Ширина кокпіту 70 см. Максимальна потужність двигуна 10 к.с. Висота транця 315 мм.

На наступні 3–5 років наукова діяльність відділу системних гідрометеорологічних досліджень буде зосереджена на забезпеченні науково-методичної підтримки державної мережі гідрометеорологічних спостережень у частині запровадження та ведення гідроморфологічного моніторингу, проблематиці оцінки та управління ризиками затоплень, розроблення карт загроз та ризиків затоплень для районів річкових басейнів України, які є найбільш вразливими до шкідливої дії річкових, морських, ґрунтових вод та атмосферних опадів, розроблення планів управління річковими басейнами. Зазначені дослідження слугуватимуть у якості наукового та науково-практичного базису впровадження директив Європейського Союзу у водному секторі, а саме Водної Рамкової Директиви та Паводкової Директиви ЄС.

Стратегічні цілі діяльності відділу на зазначений період є наступними.

Стратегічна ціль 1. Розвиток фундаментальної складової наукової діяльності відділу.

- Передбачається виконання наступних завдань:
- дослідження руслоутворювальних чинників, закономірностей руслового процесу та оцінка руслового режиму і гідроморфологічних характеристик, які обумовлюють екологічний стан масивів поверхневих вод районів річкових басейнів України в умовах зміни клімату;
 - ідентифікація екологічних ризиків у районах річкових басейнів України, пов'язаних з несприятливими проявами природних та антропогенних змін гідрологічного режиму річок;
 - оцінка можливого впливу зміни стоку річок на руслові процеси в умовах прояву регіональних кліматичних змін;

- встановлення гідроморфологічних залежностей, які є притаманними певним типам руслових процесів та необхідними для прогнозу зміни характеристик русла та потоку за мінливості природних умов;
- розроблення фонових прогнозу загальних руслових переформувань за різними сценаріями зміни стоку річок;
- дослідження гідрометеорологічних явищ та процесів, що спричинюють гідрологічні надзвичайні ситуації, їх просторово-часової динаміки;
- дослідження взаємозв'язку та взаємообумовленості гідрологічних надзвичайних ситуацій з метеорологічними, геологічними, геофізичними надзвичайними ситуаціями та з надзвичайними ситуаціями, які виникають унаслідок гідродинамічних аварій на гідротехнічних спорудах;
- розроблення нових/адаптація існуючих гідрологічних моделей швидкісних та просторових трансформацій потоку в руслі, поширення зон затоплень, зумовлених гідрологічними надзвичайними ситуаціями.

Стратегічна ціль 2. Розвиток прикладної складової наукової діяльності відділу.

- Передбачається виконання наступних завдань:
- забезпечення науково-методичного супроводу гідроморфологічного моніторингу в Україні (розроблення методичних матеріалів з урахуванням нових стандартів ЄС щодо визначення гідроморфологічних показників масивів поверхневих вод категорій "Річки" та "Озера");
 - забезпечення науково-методичної підтримки оцінювання гідроморфологічного стану масивів поверхневих вод категорії "Перехідних води";
 - забезпечення науково-методичної підтримки розроблення планів управління річковими басейнами в частині оцінки їх гідроморфологічного стану, розроблення програми заходів, спрямованих на досягнення доброго екологічного потенціалу істотно змінених та штучних масивів поверхневих вод;

- розроблення карт загроз та ризиків затоплення у межах районів річкових басейнів з урахуванням результатів попередньої оцінки ризиків затоплення та досвіду країн-членів ЄС;
- розроблення підходів та методів прогнозування та попередження гідрологічних надзвичайних ситуацій;
- розроблення та підтримка баз даних/інформаційних системи з метою забезпечення автоматизованого збору, зберігання та оброблення даних гідроморфологічного моніторингу та оцінки гідро-

морфологічного стану масивів поверхневих вод, гідрологічної інформації стосовно небезпечних гідрологічних явищ, розроблення карт загроз та ризиків затоплення.

Реалізація зазначених завдань у розрізі головних стратегічних цілей діяльності відділу дозволить суттєво підвищити його науковий потенціал, результати наукових та науково-прикладних досліджень науковців відділу відповідатимуть сучасним вимогам та рівню європейських і світових досліджень у галузі гідрометеорології.

НАЙВАГОМІШІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВЦІВ ВІДДІЛУ ЗНАЙШЛИ ВІДОБРАЖЕННЯ В НАСТУПНИХ ПУБЛІКАЦІЯХ:

1. Volodymyr Osadchyy, Bogdan Nabyvanets, Petro Linnik, Nataliia Osadcha, Yurii Nabyvanets. Processes determining surface water chemistry. Springer International Publishing Switzerland, 2016, 265 p.
2. Yatsiuk M., Nabyvanets Y., Osadcha N. Adaptation of Water Resource Assessment in Ukraine to European Legislation. *Gospodarska Wodna*, Poland, 2016. P. 1–15.
3. Осадчая Н.Н., Клебанов Д.А., Осадчий В.И., Набиванец Ю.Б. Водный сток р. Дунай и оценка состояния его нижнего участка по общей минерализации воды. "Природопользование". *Журнал Института Природопользования НАН Беларуси*. 2016. № 30. С. 1–13.
4. Osadcha N., Osadchyi V., Guzienko I., Nabyvanets Y., Artemenko V. Field Experimental Studies of the Leaching of Humic Substances from the Peat Soils and Estimation of their Role in Dissolved Iron Transportation. *Forum geografic. Rumania*, V. XV, Supplementary Issue (December 2016), P. 85–93, <http://dx.doi.org/10.5775/fg.2016.100.s>.
5. Obodovskiy O. Conditions of Sediment Transport of Styr Basin Rivers / O. Obodovskiy, K. Danko. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2016. Vol. 1 (72). P. 18–26. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.72.1.14035>
6. Осадчая Н.Н., Осадчий В.И., Гузиенко И.А., Набиванец Ю.Б., Артеменко В.А. Полевые экспериментальные исследования выноса гумусовых веществ из торфянистых почв и оценка их роли в транспортировании растворенных форм железа. *Научный сборник Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2017. Т. 3 (46). С. 48–58.
7. Природа національного природного парку "Приятинський": монографія / Абдулоєва О.С., Данько К.Ю., Проценко Ю.В., Подобайло А.В. — К.: Талком, 2017. 179 с.
8. Krengel F., Bernhofer C., Chalov S., Efimov V., Efimova L., Gorbachova L., Habel M., Helm B., Kruhlov I., Nabyvanets Yu., Osadcha N., Osadchyi V., Pluntke T., Reeh T., Terskii P., Karthe D. Challenges for transboundary river management in Eastern Europe — three case studies. *DIE ERDE. Journal of the Geographical Society of Berlin*. 2018. Vol. 149. No. 2–3. P. 157–172.
9. Osypov V., Osadcha N., Hlotka D., Osadchyi V., & Nabyvanets J. The Desna River Daily Multi-Site Streamflow Modeling Using SWAT with Detail Snowmelt Adjustment. *Journal of Geography and Geology, Canada*. 2018. 10 (3). P. 92–110.
10. Василенко Є.В., Кошкіна О.В., Маслова Т.В. Полігон, як головна одиниця гідроморфологічного моніторингу озер. *Ukr. geogr. z.* 2018. № 2. С. 34–37. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.034>
11. Коноваленко О.С., Василенко Є.В., Кошкіна О.В. Гідроморфологічний моніторинг масивів поверхневих вод категорії "Річки". Еко Форум — 2018: збірник тез доповідей II спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 30 травня – 1 червня 2018 р. / Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. — Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2018. С. 29–31.
12. Yevheniia Vasilenko, Olha Koshkina, Oksana Konovalenko, Yurii Nabyvanets. Database of river water bodies hydromorphological monitoring. *Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management: Books of abstracts XXVIII Conference of the Danubian Countries*. (Kyiv, Ukraine, November 6–8, 2019). Kyiv, 2019. P. 59.
13. Василенко Є.В., Кошкіна О.В., Коноваленко О.С., Набиванец Ю.Б. Підходи до гідроморфологічного оцінювання масивів поверхневих вод категорії "Річки" в європейських країнах. Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології: монографія. Київ: Ніка-Центр, 2019. С. 6–16.
14. Василенко Є., Кошкіна О., Мудра К., Ярошевич О., Бербенець І., Синицький С. Гідроморфологічна оцінка масивів поверхневих вод району басейну річки Дон. *Водне господарство України*. 2019. № 9–10. С. 20–29.
15. Vasilenko Ye., Koshkina O., Sarafonova V., Zornig H., Schaufler K. Hydromorphological assessment 2019 within the Ros River basin district (Middle Dnipro). *Ukraine: Hydromorphological assessment report 2019*. — 32 p. <https://www.euwipluseast.eu/en/component/k2/item/826-ukraine-hydromorphological-assessment-report-2019-eng?fromsearch=1>
16. Управління транскордонним басейном Дністра: встановлення референційних показників для оцінки екологічного стану масивів поверхневих вод / за ред. С. О. Афанасьєва, О. В. Мантурової. — К.: Кафедра, 2019. 376 с.
17. Науково-методичні рекомендації щодо підготовки звіту з ОВД при будівництві малих ГЕС (Методичний посібник) / [Афанасьєв С. О., Гриценко Є.В., Данько К.Ю. та інші] ; За редакцією С. О. Афанасьєва. Київ, 2019. 94 с. DOI: http://energyukraine.org/wp-content/uploads/2019/06/report-EIA_hydro-final.pdf
18. Методика визначення особливо цінних ділянок річки з метою їхнього збереження та охорони / [Афанасьєв С.О, Зуб Л.М., Пилипович О.В., Данько К.Ю. та інші] ; За редакцією С. О. Афанасьєва. Київ, 2019. 18 с. DOI: <https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2019/12/Methodology.pdf>
20. Obodovskiy O. G. Methodic Aspects of Hydroecological Assessment of Hydropower Potential of the Plain Rivers' (by Example of Dnieper Right-Bank Rivers) / [O. G. Obodovskiy, K. Yu. Danko, O. O. Pochayevets, V. V. Onyshchuk (Eds.)]. *Hydrobiological Journal*. 2020. Vol. 56. Issue 4. P. 84–102, DOI:10.1615/HydrobJ.v56.i4.70

РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

О. Войцехович

ІСТОРИЧНИЙ НАРИС

Дослідження за напрямком “радіаційний моніторинг природного середовища” в інституті є невід’ємною сторінкою його розвитку протягом останніх 35 років, що минули після аварії на Чорнобильській АЕС. Фахівці інституту з перших днів після аварії спочатку у складі провідних наукових установ Держгідромету СРСР, а потім і самостійно брали участь у відборі проб ґрунтів і води, проводили радіаційно-дозиметричні обстеження забруднених територій і населених пунктів, обслуговували аеро-гамма-спектрометричні вимірювання для забезпечення картографування забруднених територій. Саме в цей період було розпочато наукові дослідження характеристик радіоактивності у природному середовищі, зокрема такі як: оцінки стану радіоактивного забруднення територій, характеристики радіоактивного забруднення аерозолів і їх розповсюдження в атмосфері, вивчення процесів змиву радіонуклідів з поверхні водозборів у водні об’єкти і фізико-хімічних трансформації їх у водно-ґрунтових середовищах; вивчення основ радіаційного захисту, які були пізніше втілені в розробках стратегії водоохоронних заходів у зоні відчуження ЧАЕС, а також методичні дослідження з

адаптації методів аналітичного супроводу програм моніторингу довкілля з метою аналізу безпеки і планування реабілітаційних заходів. Деякі фото з історії розвитку таких досліджень свідчать про той шлях, який пройшли фахівці інституту, формуючи сучасний колективний досвід вивчення радіоактивності у природному середовищі.

Вивченню стану радіоактивного забруднення природного середовища в організаціях Державної гідрометеорологічної служби на той час приділяли значну увагу. Було очевидним, що подолання наслідків чорнобильського радіоактивного забруднення для довкілля матиме довготривалий характер, відповідно, потрібно було створювати власну науково-методичну і технічну базу радіаційного моніторингу і радіоекологічних досліджень. Тому вже у 1987 р. за ініціативою колишнього директора інституту В.С. Максимова в інституті було створено сектор радіо-спектрометрії і радіохімії, почали розвиватися власна аналітична і експериментальна бази інституту під науковим керівництвом НПО “Тайфун”, “Інституту прикладної геофізики”, а також інших наукових закладів Держгідромету СРСР. Пізніше, у 1989 р., на базі сектору радіоспектрометрії і лабораторії радіаційного моніторингу водних



Фрагменти участі фахівців відділу в роботах у період 1986–1995 років за напрямком вивчення впливу на навколишнє природне середовище радіоактивного забруднення як наслідка аварії на ЧАЕС

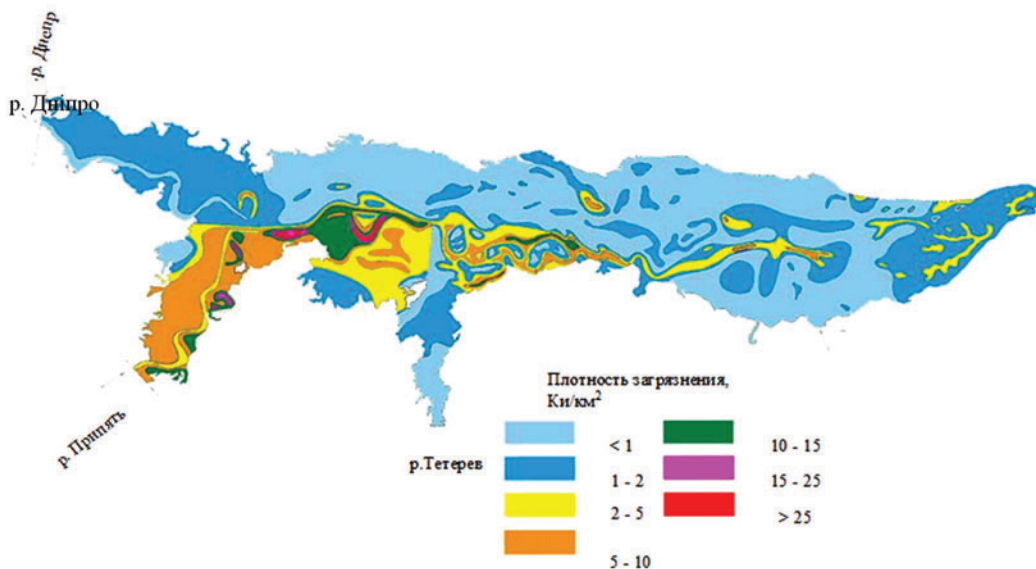
об'єктів у складі відділу гідрології інституту, а також експедиційного підрозділу було створено відділ радіаційного моніторингу природного середовища (ВРМПС).

Основними напрямками досліджень відділу протягом 90-х років були експериментальні дослідження параметрів змиву радіонуклідів з поверхні забруднених водозборів малих річок зони відчуження (різних типів і ландшафтів), щорічні експедиційні дослідження стану забруднення і процесів розповсюдження радіонуклідів у дніпровських водосховищах, а також параметризація математичних моделей міграції радіонуклідів у геохімічній системі "ґрунти-вода-зважені частки-донні відклади", а також процеси їх трансформації під впливом гідрологічних процесів. Результати цих досліджень опубліковано у десятках наукових статей (наприклад, у [1-12]).

В цей період у відділі виконується детальне вивчення структури і фізико-хімічних форм забруднення заплавної території ближньої зони ЧАЕС, як одного із основних джерел формування радіоактивного забруднення вод р. Прип'яті і всієї дніпровської водної системи в період високих повеней. Особливу увагу у дослідженнях приділяли характеристикам забруднення і трансформації, так званих "гарячих" часток дрібно дисперсного ядерного палива на поверхні заплави річки у зонах потенційного затоплення [8, 10, 12, 13]. Результати цих досліджень було покладено в основу обґрунтування оптимальних стратегій водоохоронних заходів, які дозволили зменшити змив радіоактивних

часток і стік радіонуклідів у водну систему р. Прип'яті з поверхні забруднених територій її лівобережної заплави у ближній зоні навколо ЧАЕС. Обґрунтування будівництва водоохоронного комплексу (захисної дамби, насосних станцій і режиму регулювання дренажних вод) для запобігання і зменшення радіоактивних стоків із заплави і меліоративних систем на радіоактивно-забруднених територіях зони відчуження ЧАЕС були розроблені в інституті у тісному партнерстві із фахівцями інститутів Національної Академії наук України і проектного інституту "Укрводпроект". Результати пошуку оптимальних стратегій і обґрунтування водоохоронних заходів за участю відділу викладено у багатьох публікаціях, наприклад, [4, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15]. Оцінки ефективності і вибір оптимальних стратегій управління водними об'єктами з метою радіаційного захисту стали можливими тільки на підставі всебічного аналізу характеристик забруднення водних систем і результатів прогнозування тенденцій формування їх забруднення у майбутньому під впливом природних процесів і техногенних факторів.

У ВРМПС приділяли значну увагу розвитку методів відбору донних відкладів і вивченню просторової і вертикальної структури забруднення дна водойм, де з часом накопичувалися радіонукліди, що надходили з прилеглих водозбірних територій. Це дозволило виконати системні дослідження стану радіоактивного забруднення донних відкладів озер зони відчуження, водойми-охолоджувача ЧАЕС [16], а також дніпровських водосховищ за результатами



Формування забруднення дна Київського водосховища цезієм-137 протягом перших 5 років після аварії на ЧАЕС (станом на 1992 р.): найбільш забрудненими було виявлено гирлову зону р. Прип'яті, а також відносно глибокі ділянки старого русла і судноплавного каналу, де осідали забруднені частки завислих наносів (рівні забруднення в одиницях Кюрі на км² показано різним кольором)

практично щорічних експедицій, які виконувалися в період з 1986 по 1993 рр. [17, 18].

Протягом 90 х років суттєво розвивається міжнародне співробітництво у вивченні екологічних наслідків радіоактивного забруднення. Фахівці відділу залучаються до виконання досліджень в рамках багатьох міжнародних проектів, отримали можливість вивчати міжнародний досвід, а також брали участь в роботах на різних майданчиках Європи, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

Досвід вивчення радіоактивності у водосховищах дніпровського каскаду було поширено на моніторингові дослідження р. Дунай [19], а також інших річок ЄС, зокрема, р. По в Італії, де спільно з італійськими фахівцями тестувалися методи для визначення ролі зважених часток різного фракційного складу і мінералогії у транспортуванні цезію-137 у водних потоках [20]. Також в рамках проектів міжнародного співробітництва за участю фахівців відділу вивчалися процеси формування забруднення озер у Німеччині (оз. Бодензее) і Великобританії (оз. Девоке) [21], вивчалися механізми формування радіоактивного забруднення Чорного моря водами річок Дніпро і Дунай [22, 23].

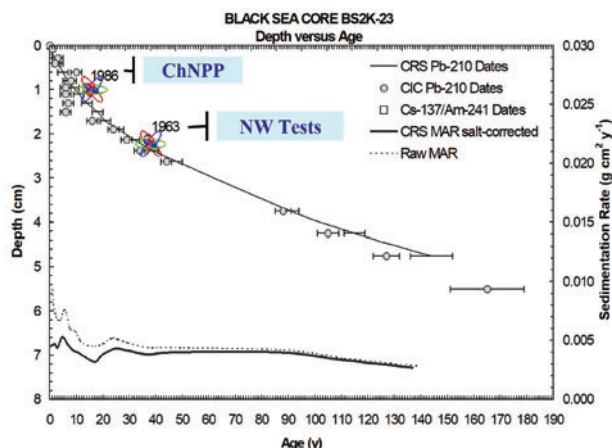
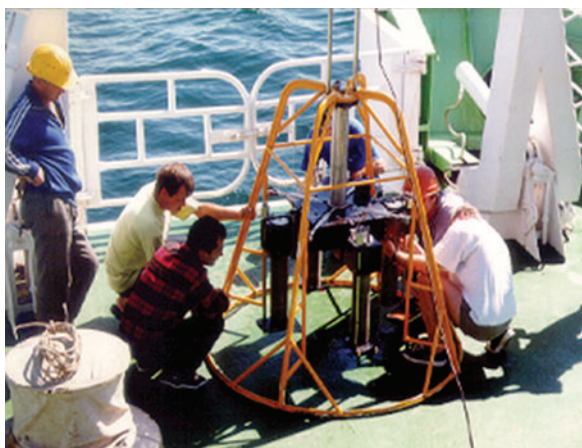
Основні результати робіт відділу того періоду опубліковані у звітах міжнародних проектів ECP-3 (1993–1996) [24]; AQUASCOPE (1998–2001) [25], а також в інших звітах і міжнародних публікаціях [26–28]. В рамках франко-німецького співробітництва (проекти TRANSAQUA і RUNOFF) [29,30] розроблено бази даних про стан забруднення водних екосистем і параметри поверхневого змиву радіонуклідів з водозборів.

У другій половині 90-х років, завдяки участі у проектах технічного співробітництва з МАГАТЕ в ін-

ституті було здійснено перше суттєве переоснащення радіо-спектрометричного обладнання, розпочато впровадження сучасних методів напівпровідникової гамма-спектрометрії, а також рідинно-цинтиляційної спектрометрії. В цей спільно із морським відділенням УкрГМІ у м. Севастополі розпочато системні спостереження за процесами формування забруднення прибережних вод Чорного моря, а також вивчення ролі процесів седиментації радіонуклідів різного походження, які надходили з атмосферними випадіннями у якості ізотопних маркерів [31, 32, 33].

СУЧАСНИЙ ЕТАП НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (2001–2020 рр.)

На початку 2000-х активно розвиваються партнерство в рамках наукових проектів і технічного співробітництва з Міжнародним Агентством з Атомної Енергії (МАГАТЕ). Співробітники ВРМПС залучалися до участі у таких програмах Агентства як VAMP, BIOMOVIS, EMRAS (аналіз даних, параметризація і валідація математичних моделей для моделювання поведінки радіонуклідів у різних елементах природного середовища). В цей період виконано перші системні узагальнення наслідків аварійного забруднення для водних систем, активно розвиваються технології моделювання і розробки систем інформаційної підтримки прийняття рішень для застосування отриманого досвіду у попередженні і мінімізації можливих ситуацій аварійного забруднення природного середовища у майбутньому [34]. В інституті систематизовано і зібрано всі доступні дані про результати вивчення радіоактивного забруднення річок зони впливу аварії, удосконалюються методи спостережень за радіоактивним забрудненням річок і водозбірних територій, підготовлено перші



Фрагменти роботи фахівців УкрГМІ на борту науково-дослідного судна "Професор Водяницький" (2000 р.): підготовка системи відбору донних відкладів до спуску (зліва) і приклад оцінки накопичення маси і шару седиментів ($\text{г}\cdot\text{см}^2/\text{с}$) за даними ізотопного датування шарів донних відкладів Чорного моря на одній із глибоководних станцій (справа) [37]

за період незалежності України рекомендації, щодо організації і проведення радіаційного моніторингу на водних об'єктах [35, 36].

Продовжується співробітництво з МАГАТЕ і провідними інститутами Європи у застосуванні ізотопних технологій для вивчення геофізичних процесів природного середовища. На основі використання методики датування віку донного осаду, визначено характеристики швидкості накопичення осаду у глибоководних районах Чорного моря [33, 37]. Оцінки, що отримано дають підстави для кореляції параметрів седиментаційних процесів, евтрофікації моря і подальшого вивчення впливу змін клімату на ці процеси. У рамках міжнародних програм (BSERP, 2003–2004) вивчалися роль атмосферних випадіння на поверхню моря за даними прибережних спостережень і роль седиментаційних процесів у трансформації біогенних речовин, що надходять із річковим стоком.

Методи ізотопного датування [38] знайшли своє застосування також у Національній антарктичній програмі для вивчення швидкості наростання льоду в Антарктиді з перспективою вирішення деяких проблем зміни клімату на планеті.

З 2004 р. у ВРМПС розпочинаються системні дослідження оцінки наслідків для природного середовища об'єктів, радіаційної спадщини видобутку і переробки уранових руд, зокрема, на майданчику колишнього ВО "Придніпровський хімічний завод" у м. Дніпродзержинськ (на сьогодні м. Камянське) [39, 40]. Роботи із радіоактивними залишками уранового виробництва сприяли необхідності адаптувати і розвинути сучасні методи низько-фоновий гамма-спектрометрії і рідинно-сцинтиляційного лічення для визначення вмісту радіонуклідів ураноторієвих рядів в ґрунтах, аерозолях, поверхневих і підземних водах [41]. Фахівці лабораторії відділу (Лаврова Т.В., Пірнач Л.С., Деревець Т.Г.), отримали можливість навчатися і стажуватися у Німеччині і

РФ у провідних наукових інститутах, опановуючи сучасні методи радіохімії і рідинно-сцинтиляційної спектрометрії. Це дозволило адаптувати отриманий досвід і сучасні методи досліджень радіонуклідів природного походження в лабораторії УкрГМІ і, зокрема, успішно застосовувати їх для участі в програмах моніторингу природного середовища зон впливу об'єктів уранової спадщини, а згодом розпочати навчати фахівців підприємств операторів уранових об'єктів, а також стажерів із Таджикистану, Киргизії, Узбекистану та інших країн, які направлялися в УкрГМІ в рамках проектів МАГАТЕ для підвищення кваліфікації в організації програм об'єктового моніторингу [42,43].

Цей напрямок досліджень став одним із основних у роботах відділу на період з 2009 по 2017 р., протягом якого було організовано системні роботи за програмами оцінки стану і вивчення наслідків для навколишнього природного середовища майданчиків спадщини уранових виробництв, виконано дослідження форм і міграційних властивостей радіонуклідів уранового ряду в атмосферному повітрі, у ґрунтах, поверхневих і підземних водних системах. У співпраці з оператором майданчика уранової спадщини ВО "ПХЗ" фахівці відділу брали участь у вивченні просторового забруднення території майданчика, а також вертикальної структури вмісту радіонуклідів ґрунтах [44,45].

Комплексні дослідження впливу майданчиків уранової спадщини на майданчику колишнього ВО "ПХЗ" дозволили визначити пріоритетні шляхи формування радіаційних і екологічних ризиків, довести провідну роль факторів зовнішнього гамма-випромінювання, а також інгаляційних шляхів опромінення людей, що формуються ексхалтацією газу радону-222 з поверхні і аерозольним забрудненням атмосферного повітря.

Результати робіт відділу також показали, що водні шляхи (поверхневий стік і підземний стік радіо-



Приклади роботи і результати оцінок забруднення майданчиків спадщини уранового виробництва в Україні ("колишній ВО "ПХЗ", м. Кам'янське)

нуклідів з території майданчика) на теперішній час не є значущими у формуванні радіоактивного забруднення дніпровської водної системи і опромінення людей, але з часом вони можуть стати суттєвими факторами радіаційної небезпеки через поступове розширення ареолу забруднення підземних вод, що розвантажуються у р. Дніпро, а тому такі об'єкти потребують довготривалого контролю радіаційної обстановки і здійснення заходів приведення їх у безпечний стан. Результати узагальнення даних спостережень і наукових досліджень відділу на майданчиках уранової спадщини стали основою для комплексних оцінок безпеки і обґрунтування реабілітаційних заходів на них в Україні.

Фахівці ВРМПС також неодноразово запрошувалися у якості консультантів для надання методичної допомоги лабораторіям, які беруть участь у здійсненні програм комплексного моніторингу навколишнього природного середовища у зоні впливу уранових хвостосховищ (Войцехович О.В., Лаптев Г.В., Костеж О.Б., Лаврова Т.В.), і, зокрема, для вивчення ефектів впливу уранових виробництв на стан забруднення оз. Іссик-Куль (Киргизія) і р. Сирдар'я (Таджикистан), та інших країн.

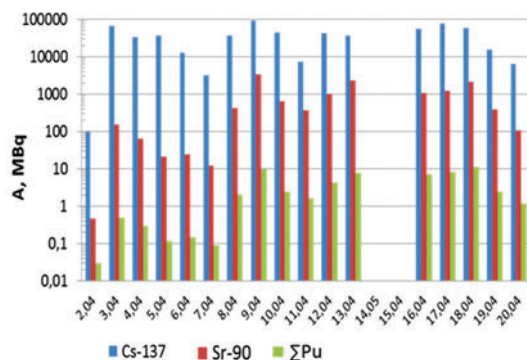
Досвід організації і аналітичного забезпечення об'єктових програм моніторингу майданчиків спадщини уранового виробництва з метою оцінювання стану безпеки і обґрунтування реабілітаційних заходів узагальнено також в роботах [46–48].

Традиційно протягом останніх кількох десятиліть у відділі продовжуються роботи із методичного супроводу оперативних програм моніторингу радіоактивного забруднення водних систем. Було показано, що на початку 2000-х рівні забруднення природного середовища, зокрема вод р. Дніпра, р. Десна, і дніпровських водосховищ за показниками вмісту ¹³⁷Cs наблизилися до рівнів, які спостерігалися до аварії на ЧАЕС, а також суттєво знизилися до безпечних і рівні забруднення вод ⁹⁰Sr чорнобильського походження [6, 8, 23, 49]. Натомість рівні

забруднення вод радіонуклідами природного походження, в тому числі у техногенно підсилених концентраціях на деяких річках зросли, тоді як в системі фонових радіаційного моніторингу спостереження за показниками сумарної альфа-активності і, зокрема радіонуклідів уранового ряду не виконувалися.

Стало очевидним, що потрібно змінювати парадигму радіаційного моніторингу природного середовища, розвивати методи визначення природних радіонуклідів у природному середовищі і впроваджувати їх також в оперативну практику системи радіаційного моніторингу радіометричної мережі гідрометеорологічної служби [50]. Методи, які були адаптовані і удосконалені в роботах відділу на замовлення об'єктових програм моніторингу, стали у нагоді для впровадження на мережі фонових спостережень.

Новим етапом і суттєвим фактором розвитку наукових досліджень у відділі стали події значної комунальної радіаційної аварії на АЕС Фукусіма Дайчі в Японії у 2011 р. З перших днів аварійного викиду радіоактивної суміші в атмосферу фахівці відділу, використовуючи можливості спостережень за радіоактивними випадіннями на дослідному майданчику УкрГМІ вивчали динаміку радіоактивних випадіннь над територією Києва, які відбувалися в період з 17 березні до 4 квітня 2011 р. [51]. Можливості сучасних засобів автоматизованого відбору аерозолів і низько-фонові гамма-спектрометрії дозволили довести можливість залучення технічного і кадрового потенціалу відділу для участі в оперативних програмах радіаційного контролю в умовах аварійних ситуацій. Такі можливості неодноразово було доведено аналітичними оцінками фахівців відділу відслідковувати викиди рутенію-106 під час аварії на комбінаті переробки ядерних відходів "МАЯК" у РФ (2017 р.), виконаним аналізом треку викидів радіоактивної хмари, яка була сформована після вибуху підводного ядерного засобу у Білому морі біля



Результати оцінки емісії викидів радіонуклідів в атмосферу в період пожеж у зоні відчуження протягом квітня 2020 р.

Архангельську у 2019 р., а також під час масштабних пожеж у зоні відчуження весною 2020 р.

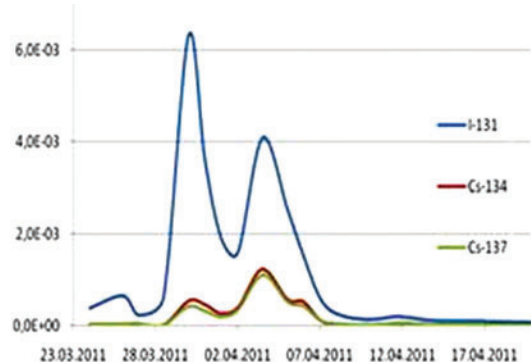
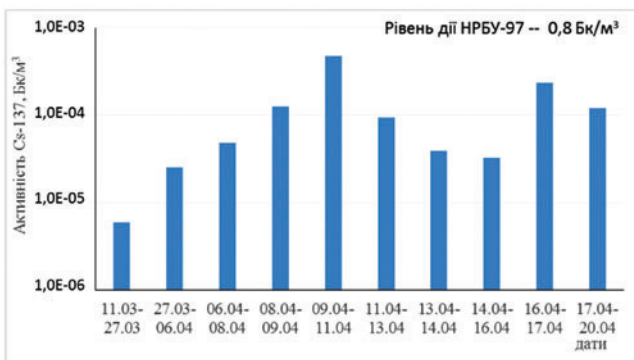
В період надзвичайної ситуації розвитку пожеж на радіоактивно-забруднених територіях зони відчуження протягом квітня 2020 р., фахівці відділу не тільки провели комплекс оцінювання радіоактивного забруднення аерозолів і допомагали оперативним підрозділам ГМС провести просторовий аналіз розповсюдження радіоактивних аерозолів на території України, але також виконали комплексний аналіз джерел загоряння і емісії радіоактивних домішок в атмосфері у газовій і сорбованій фазах з частками пилу [51, 52]. Результати аналізу емісії радіоактивних аерозолів із осередків загорянь і результати щоденного аналізу визначення вмісту радіонуклідів в аерозолях і просторової дисперсії радіонуклідів надавалися в українські і європейські центри прогнозування наслідків радіаційних аварій. Просторовий аналіз рознесення аерозолів, який виконано спільними зусиллями вчених і моніторингових служб Європи за участю фахівців відділу наведено в публікації [52].

Результати спостережень в пункті атмосферного моніторингу УкрГМІ показали, що концентрації цезію-137 в атмосфері м. Києва у квітні 2020 р. спостерігалися на рівні тих, що мали місце у квітні 2011 р. в результаті глобального забруднення атмосфери в результаті фукусімської аварії (максимальні активності досягали величин біля 1 мБк/м^3).

Протягом останнього десятиріччя продовжується партнерське наукове співробітництво із університетами міст Фукусіма і Цукуба (Японія), які є основними виконавцями проектів вивчення екологічних наслідків радіоактивного забруднення природного середовища в Японії після аварії на АЕС Фукусіма-Дайчі 2011 р. в рамках проекту SATREPS в кооперації із науковими установами України у вивченні довготривалих наслідків для природного середовища аварійних викидів чорнобильського походження.

В рамках проекту у зоні відчуження було побудовано сучасно оснащені експериментальні стокові майданчики, на яких фахівці відділу спільно із японськими вченими продовжують спостереження за трансформацією радіонуклідів чорнобильського походження і процесами формуванням змиву і міграції радіонуклідів під впливом дощового стоку і сніготанення в умовах довготривалих змін, які відбулися в структурі і фізико-хімічних формах радіонуклідів на водозборах і у ґрунтах заплавлених територій річок зони відчуження. Отримані результати [53–57] дозволили перевірити і коригувати математичні моделі, які були розроблені протягом першого десятиліття після аварії на ЧАЕС і адаптувати розроблені моделі для прогнозування процесів довготривалого забруднення річок у зоні радіоактивних випадіння префектури Фукусіма в Японії. Фахівці відділу неодноразово запрошувалися до Японії для спільних експериментальних досліджень на річках і водозборах, а також для читання лекцій і поширення досвіду водоохоронних заходів. Співробітництво з японськими вченими дозволило також суттєво розвинути технічну базу відділу сучасними польовими спектрофотометрами і засобами відбору проб, дроном для обстеження забруднених територій, а також рентген-флуоресцентним аналізатором елементного складу проб, а також отримати досвід радіоекологічних досліджень на полігонах і лабораторіях Японії.

Майже 20 років з 1999 по 2020 р. фахівці ВРМПС брали участь у різних проектах і етапах вивчення стану радіоактивного забруднення водойми охолоджувача ЧАЕС і розробках стратегії виведення його із експлуатації. Роботи виконувалися як в рамках міжнародних проектів, так і в рамках бюджетного фінансування НДР. Після початку випуску вод із водойми охолоджувача у 2013 р і до 2021 р. продовжуються комплексні дослідження трансформації водойми охолоджувача і процесів формування на його місці нових водойм із особливими процесами



Об'ємні концентрації активності цезію-137 в Києві (пункт спостережень УкрГМІ) протягом пожеж у зоні відчуження у квітні 2020 р. (зліва) і в період проходження радіоактивної хмари після аварії на АЕС Фукусіма Дайчі у 2011 р. (справа)

формування їх залишкового радіоактивного забруднення. Результати досліджень за участю фахівців відділу опубліковано в роботах [58, 59]. Дослідження будуть продовжуватися, враховуючи унікальність нової озерно-водно-болотної системи, яка сформувалася на місці колишньої водойми охолоджувача ЧАЕС і процесів, які в них відбуваються.

Протягом майже 30 років продовжуються спостереження на унікальних водоймах у зоні відчуження (оз. Глибоке і оз. Азбучин), які стали багаторічним міжнародним полігоном для комплексу наукових досліджень. Зокрема співробітниками відділу виконано комплекс спостережень, що дозволили виконати параметризацію дифузійної моделі формування забруднення водних мас озера за рахунок масообміну із радіонуклідами, які накопичені на дні з урахуванням процесів додаткового надходження радіонуклідів за рахунок змиву з поверхні водозборів прилеглих територій, а також процесів седиментації і дифузійного заглиблення радіонуклідів у донних відкладах [60,61]. Це дозволило пояснити динаміку формування їх забруднення із надзвичайно високим вмістом радіонуклідів чорнобильського походження у воді за рахунок тривалого процесу вилуговування радіонуклідів із залишків часток ядерного палива ЧАЕС, які були накопичені на дні і на водозбірних територіях цих водойм. Зокрема, було також показано, що причиною суттєвого зростання активності концентрацій ^{90}Sr у воді оз. Азбучин, а також нових водойм, що сформувалися після випуску вод із водойми охолоджувача ЧАЕС у 2013 р.,

стали процеси відновлення нового циклу вилуговування і змиву раніше законсервованих у донних відкладах "гарячих часток" дрібно-диспергованого ядерного палива. Узагальнення результатів багаторічних досліджень трансформації радіонуклідів у водоймах і роботи з параметризації математичних моделей опубліковано в роботах [61, 62]. Такі дослідження продовжуються і дозволять удосконалити комплекс математичних моделей для прогнозування довготривалих наслідків можливого забруднення водних систем для різних умов аварійних викидів, а також для різних геохімічних і гідрологічних процесів, які можуть мати місце на радіоактивно забруднених територіях.

З 2005 р. відділ є членом програми МАГАТЕ "АЛЬМЕРА", що об'єднує кілька десятків провідних радіо-аналітичних лабораторій світу, які зобов'язані брати участь у міжнародних між лабораторних порівняннях результатів і професійних тестах з метою постійного удосконалення методів аналітичних вимірювань для широкого спектру іонізуючих випромінювачів у природному середовищі, а також підтримки високого професійного рівня персоналу лабораторій. Участь відділу у заходах програми "АЛЬМЕРА" створює засади реалізації програм контролю і гарантії якості даних аналітичних вимірювань, що мають бути впроваджені і у діяльності всіх аналітичних лабораторій суб'єктів державної системи радіаційного моніторингу країни. Щорічні тести, які пропонує МАГАТЕ членам програми для досліджень і підготовки детальних звітів різняться



Фрагменти роботи фахівців ВРМПС на міжнародних майданчиках вивчення процесів міграції радіонуклідів (зверху), а також робіт на теплоході УкрГМІ в озерах зони відчуження українсько-японської групи проекту SATREPS (2018 р.)

за складністю завдань і елементами природного середовища (вода, ґрунти, мінеральні і біологічні матриці, аерозолі тощо) і радіонуклідним складом сумішей (штучного і природного походження), а також у різних співвідношеннях і рівнях їх активності. Участь в програмах професійного тестування МАГАТЕ дозволяє постійно підтримувати високий рівень професійної готовності працівників відділу вирішувати широкий спектр завдань якісного визначення характеристик радіоактивного забруднення природного середовища в умовах фонових моніторингу і аварійної готовності.

Протягом останніх 10 років одним із основних напрямків роботи відділу стали розвиток і адаптація сучасних методів аналітичного забезпечення програм радіаційного моніторингу різного типу (фонових і об'єктових), а також підготовка методичних документів, керівництв і посібників, які мають стати керівними документами для впровадження в роботі оперативних підрозділів радіометричної мережі гідрометеорологічної служби України. У відділі розроблено: Настанову гідрометеорологічним станціям і постах, Випуск 12, частина 2: "Спостереження за радіоактивним забрудненням поверхневих вод суші і морських вод (2010 р.) [63], розроблено концепцію розвитку і технічного переоснащення радіометричної мережі системи гідрометеорологічних спостережень, у тому числі автоматизованої системи радіаційного контролю з елементами ЄДАСКРО (2012 р.). У відділі продовжуються роботи із адаптації і удосконалення методів визначення радіонуклідів у природному середовищі. Зокрема, розроблено методики виконання вимірювання (МВВ) об'ємної активності ^{90}Sr у прісній воді, удосконалено "метод екстракції ^{90}Sr катіонітом КУ-2-8 та очищення екстракту трилоном Б" (2015 р.) [64], підготовлено збірку методик для прискореного визначення вмісту стронцію-90 в елементах природного середовища [65], а також рекомендації щодо "виконання вимірювань сумарної альфа- та бета-активності води із застосуванням рідинно-сцинтиляційного методу" [66], а також інші. У відділі також розроблено рекомендації "Моніторинг і технічний нагляд на майданчиках і об'єктах спадщини уранового виробництва", де висвітлено основні вимоги щодо організації систем моніторингу на етапах оцінки стану і підготовки реабілітаційних заходів, в період їх здійснення і протягом тривалого періоду після здійснення заходів приведення майданчиків у безпечний стан" (2018 р.) [67].

У 2021 р. розпочалися фундаментальні роботи з перегляду принципів організації системи радіаційного моніторингу природного середовища з метою радіаційного захисту. Актуальність такої розробки

визначена суттєвими коригуваннями, які внесені у Базові стандарти безпеки МАГАТЕ (2014 р.), зокрема, необхідністю враховувати особливості завдань програм моніторингу в різних ситуаціях опромінення (існуючих, планових і в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій з одного боку, а з іншого тим, що за останні 20 років суттєво змінилися технічна база і обладнання сучасних систем радіаційного моніторингу і контролю. Тому розробки досі діючих в Україні настанов, керівництв і методичних рекомендацій потребують суттєвого перегляду і доопрацювання.

У 2020 р. перед відділом були поставлені завдання розробити "Керівництво.." щодо "організація системи радіаційного моніторингу навколишнього природного середовища", (на 2021–2022 рр.), а також нові розширені і доопрацьовані редакції "Настанови гідрометеорологічним станціям і постах, щодо методів "спостережень за радіоактивним забрудненням природного середовища", зокрема, за такими завданнями як: — основні вимоги і технічні засоби виконання спостережень за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря (радіоактивні гази, атмосферні випадіння і аерозолі); радіоактивним забрудненням вод суші і донних відкладів водойм (розширена редакція 2010 р.), а також за ПЕД гамма випромінювання, радіоактивним забрудненням ґрунтів і рослинного покриття).

ТЕХНІЧНЕ ОСНАЦЕННЯ ВРМПС

Сучасне технічне оснащення відділу дозволяє виконувати широкий спектр наукових, оперативних робіт в програмах вивчення стану радіоактивного забруднення природного середовища як результат сучасної діяльності атомно-промислового комплексу (впливи радіонуклідів техногенного походження),



Приклади аналітичного обладнання, що використовуються у ВРМПС

Технічні можливості для оцінки стану радіоактивного забруднення довкілля



Засоби відбору проб, а також польове вимірювальне обладнання, які використовуються в УкрГМІ для наукових і моніторингових досліджень стану забруднення природного середовища

гірських і переробних виробництв мінеральних речовин, що містять радіонукліди природного походження, а також обстеження і здійснення моніторингу територій, майданчиків і об'єктів, які були забруднені в результаті діяльності у минулому або як наслідок аварійних ситуацій. Технічні засоби, які постійно удосконалюються, дозволяють провести відбір проб ґрунтів, атмосферного повітря (стаціонарна станція і мобільні пристарої), працювати на водних об'єктах річок, озер і водно-болотних угідь, а також на морських акваторіях.

У відділі також є доступним для роботи широкий набір радіометричних засобів для визначення радіаційної обстановки на місцевості, радонometri та інше допоміжне обладнання для визначення метеорологічних, гідрологічних, геохімічних характеристик довкілля, а також хімічного забруднення природного середовища. Відділ забезпечено автотранспортом, а також плавзасобами, у тому числі має можливість виконувати завдання радіаційного і екологічного моніторингу на акваторіях дніпровських водосховищ, річках Дніпро, Десна і Прип'ять із використанням плавучої лабораторії-теплоходу "Георгій Готовчиць".

Для радіометричних досліджень у відділі широко застосовуються методи і технології авторадіографічного аналізу, зокрема, для виділення і визначення характеристик часток ядерного палива у складі пилу, ґрунтів, донних відкладів і на поверхні рослин. Аналітичні можливості відділу були суттєво роз-

ширені у 2019 р, коли в рамках співробітництва з Фукусіма Університетом лабораторія отримала — енерго-дисперсійний рентген-флуоресцентний спектрометр EDX-8100 (SHIMADZU, Japan), що дозволяє визначати широкий спектр хімічних елементів у природному середовищі.

Аналітичне забезпечення лабораторій відділу також є достатньо розвинутим і дозволяє виконувати визначення вмісту радіонуклідів широкого спектру. у пробах природного середовища. Для радіоекологічних досліджень використовуються напівпровідникові гамма-спектрометри, а також альфа- і бета-радіометри різного типу (у т.ч УМФ-2000 із спектрометричною платою); рідинно-сцинтиляційні спектрометри Triathlor і TriCarb-2900, які дозволяють вимірювати питому активність альфа- і бета-випромінюючих нуклідів у водному середовищі, зокрема, вміст стронцію-90, радіонуклідів уранторієвих рядів, а також тритію.

Технічні засоби і можливості відділу постійно розвиваються і у поєднанні із високим рівнем кваліфікації і досвідом фахівців дозволяють виконувати широкий спектр наукових завдань в рамках основної діяльності у складі ДСНС і НАНУ (розвиток, методичне забезпечення і дослідження за напрямком моніторинг навколишнього природного середовища), а також вивчення інших наукових і прикладних проблем радіоактивності у довкіллі для різних ситуацій опромінення і на об'єктах радіаційної спадщини.

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПУБЛІКАЦІЙ СПІВРОБІТНИКІВ ВІДДІЛУ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

1. Voitsekhovich, O.V., Borzilov V.A., Konoplyov, A.V. Hydrological aspects of Radionuclide Migration in Water Bodies Following the Chernobyl Accident. Proceedings of Seminar on Comparative Assessment of the Environmental Impact of Radionuclides Released during Three Major Nuclear Accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl. CEC, RP-53, EUR-13574, 1991. P. 528–548.
2. Demchuk V.V. Voitsekhovich O.V., Kashparov V.A., Viktorova N.V., Laptev G.V. — Analysis of Chernobyl Fuel Particles and their Migration Characteristics in Water and Soil. Proceedings of Seminar on Comparative Assessment of the Environmental Impact of Radionuclides Released during Three Major Nuclear Accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl. CEC, RP 53, EUR-13574, 1991. P. 493–513.
3. Лаптев Г.В., Войцехович О.В. Экспериментальные исследования вымывания радионуклидов из пойменных почв Припяти в условиях их затопления. *Труды УкрНИГМИ*. 1993. Вып. 245. С. 127–143.
4. Войцехович О.В., Канивец В.В., Лаптев Г.В. Анализ формирования радиоактивного загрязнения Днепровской водной системы в течение пяти лет после Чернобыльской аварии. *Труды УкрНИГМИ*. 1993. Вып. 245. С. 106–125.
5. Voitsekhovitch O., Sansone U., Zheleznyak M., Bugai D. Water quality management of contaminated areas and its effect on doses from aquatic pathways. In: The radiological consequences of Chernobyl accident. Proceedings of the first international conference. Minsk, Belarus 18–22 March, 1996 EC. Luxembourg, 1996. P. 401–410.
6. Канивец В.В. Анализ основных тенденций развития радиационной обстановки в Днепровской водной системе после Чернобыльской аварии. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 4. С. 40–56.
7. Umberto Sansone, Maria Belli, Oleg Voitsekhovitch, Vladimir Kanivets. ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in water and suspended particulate matter of the Dnieper River-Reservoirs System (Ukraine). *Science of the total environment*. 1996. Vol. 186. № 3. P. 257–271.
8. Войцехович О.В., Канивец В.В., Лаптев Г.В. и др. Радиэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. Том 1. Мониторинг радиоактивного загрязнения природных вод Украины. К.: Чернобыльинтеринформ, 1997. 308 с.
9. Войцехович О.В. Развитие и перспективы водоохранной деятельности в зоне отчуждения ЧАЭС *Бюллетень экологического состояния зоны отчуждения*. 1997. № 4 (9). С. 36–45.
10. Пирнач Л.С., Лаптев Г.В. Исследование влияния свойств компонентов водно-грунтовой системы на процессы адсорбции-десорбции ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в совместном присутствии на иллите. *Труды УкрНИГМИ*. 1998. Вып. 246. С. 119–132.
11. Войцехович О.В., Панасевич Э.Л. Про дозову и социально-економічну цілесобразність сучасної водоохрної діяльності в зоні отчуждения ЧАЭС. *Бюллетень екологічного станяння зони отчуждения*. № 12. 1998. С. 3–8.
12. Войцехович О.В. и др. Радиэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. Том 2. Прогнозы загрязнения вод, оценки рисков водопользования и эффективности водоохраных контрмер для водных экосистем зоны влияния Чернобыльской аварии. К.: Чернобыльинтеринформ, 1998. 277 с.
13. Viktorova N., Voitsekhovitch O., Sorochinski B., Vandenhove H. Phytoremediation of Chernobyl Contaminated lands. *Radiation Protection Dosimetry*. 1999. Vol. 92. № 1–3. P. 59–64.
14. Войцехович О.В. Управление качеством поверхностных вод в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС. К.: Віпол, 2001. 136 с.
15. Войцехович О.В., Шестопалов В.М., Скальский А.С., Канивец В.В. Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных и подземных вод после аварии на ЧАЭС. К.: Віпол, 2001. 147 с.
16. Канивец В.В., Войцехович О.В. Радиоактивное загрязнение донных отложений водоема-охладителя Чернобыльской АЭС. *Труды УкрНИГМИ*. 2000. Вып. 248. С. 154–171.
17. Voitsekhovitch O., Kanivets V. Maps of Cs-137 in the bottom sediments of the Dnieper reservoirs. Ukrainian Hydrometeorological Institute. 1997
18. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation Condition in the Dnieper River Basin (contributors: Voitsekhovitch O., Kanivets V, Laptev G. and other). 2006.
19. Kanivets V, Derkach G. ¹³⁷Cs in the Water and Suspended Matter of the Ukrainian Section of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2012. 48 (2).
20. Galas C., Sansone U., Belli M., Barbizzi S., Fanzutti G.P., Kanivets V. and O.V. Voitsekhovitch. Freshwater suspended particles: An intercomparison of long-term integrating sampling systems used for environmental radioactivity monitoring. 2006. Vol. 267. № 3. P. 623–629.
21. Comans R., Hilton J., Voitsekhovitch O., Laptev G., Popov V., Madruga M., Bulgakov A. et al. A comparative study of radiocesium mobility measurements in soils and sediments from the catchment of a small upland oligotrophic lake (Devon Water, UK). *Water Research*. 1998. Vol. 32. № 9. P. 2846–2855.
22. Kanivets V. Voitsekhovitch O., Khristchuk B.. Riverine transport of Cs-137 and Sr-90 into the Black Sea after Chernobyl accident (data analysis and methodological aspects of monitoring). Proc. of Symposium Marine Pollution. IAEA, 1999. P. 44–52.
23. Kanivets V. Voitsekhovitch O. et al. The post-Chernobyl budget of Cs-137 and Sr-90 in the Black Sea. *Journal of Environmental Radioactivity*. 1999. Vol. 43. P. 121–135.
24. Sansone U. and O. Voitsekhovych (editors). Modelling and Study of the Mechanisms of the Transfer of Radioactive Material from Terrestrial Ecosystems to and in Water Bodies around Chernobyl: International Scientific Collaboration on the Consequences of the Chernobyl Accident (ECP-3 Final Report) EUR16529 EN. European Commission, 1996.
25. Kanivets V.V., Voitsekhovich O.V. Effects of half lives in Ukrainian Rivers / In: Smith J.J (editor) "AQUASCOPE" project Final Report. Centre for Ecology and Hydrology. Dorset. UK. 2002. 116 p.
26. Пирнач Л.С., Лаптев Г.В. Экспериментальное исследование долговременной кинетики адсорбции-десорбции ¹³⁷Cs-137 почвами и донными отложениями. *Труды УкрНИГМИ*. 2001. Вып. 249. С. 198–210.
27. Smith J.T., Voitsekhovitch O.V., Håkanson L., Hilton J. A critical review of measures to reduce radioactive doses from drinking water and consumption of freshwater foodstuffs. *Journal of environmental radioactivity*. 2001. Vol. 56. № 1–2. P. 11–32.
28. Onishi Y., Voitsekhovich O., Zheleznyak M. Chernobyl: What Have We Learned ? The Successes and Failures to Mitigate Water Contamination over 20 Years. Springer, 2007. 360 p.

29. Konoplev A.V., Deville-Cavelin G., Voitsekhovich O.V. and O.M. Zhukova. Transfer of Chernobyl ^{137}Cs and ^{90}Sr by surface run-off. Radioprotection-Colloques 37 C1. 2002. P. 315–318.
30. French-German Initiative for Chernobyl. Radioecology Project Synthesis Report. Sub-project/ Radionuclide transfer by surface Runoff (SP3c) and Sub-project: Radionuclide transfer in aquatic environment (SP 3d). Contributors (Voitsekhovich O., Kanivets V., Todosienko S. 2001.
31. Laptev G.V., Voitsekhovich O.V., Kostezh A.B. and I. Osvath. Reading records of artificial radionuclide fluxes in abyssal sediment of the Black sea using Pb-210 dating chronology. International Conference on Radioactivity in the Environment. 1–5 September 2002, Monaco 2002.
32. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Marine Environment Assessment of the Black Sea Final Report Technical Cooperation Project RER /2/003 IAEA/2003 (contributors G. Laptev, V. Kanivets, O. Voitsekhovich)
33. Laptev G.V., Voitsekhovich O.V., Kostezh A.B., Osvath I. Mass Accumulation Rates and Fallout Radionuclides ^{210}Pb , ^{137}Cs and ^{241}Am Inventories Determined in Radiometrically Dated Abyssal Sediments of the Black Sea. Isotope in Environment Studies. IAEA Aquatic Forum 2004.
34. Smith J., Voitsekhovich O., Konoplev F., Kudelskiy F. Radioactivity in aquatic system. In. Chernobyl Catastrophe and Consequences. Springer. 2005. P. 139–181.
35. Сербін П., Куртач Е., Канівець В., Войцехович О., Аксюк О., Деркач Г., Христюк Б. Порівняльне дослідження методів радіаційного моніторингу поверхневих вод. Збірник доповідей Другої Всеукраїнської наукової конференції "Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія", 24–26.11.2003, Наукові Праці УкрНДГМІ, 2003.
36. Воцехович О.В., Канівець В.В. Методичні рекомендації для ведення спостережень за радіоактивним забрудненням навколишнього природного середовища К. 2001. 218 с.
37. Laptev G.V. ^{226}Ra disequilibrium in the Black Sea in the last 50 years: Proxy for implication of climate change and increased eutrophication. In: 1st Biannual Scientific Conference: Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond, 8-10 May 2006, Istanbul, Turkey http://www.blacksea-commission.org/_publ-1BSCConf.asp
38. Лаптев Г.В., Костез А.Б., Грищенко В.Ф. О датировании антарктического льда по содержанию ^{210}Pb . Труды УкрГМИ. Вып. 247. 1999. С. 207–216.
39. Voitsekhovich O.V., Lavrova T.V., Soroka Y.N. "Uranium Mining and Ore Processing in Ukraine and its Radioecological Effects on to the Dnieper River Water Ecosystem and Human Health" Aquatic Forum-2004.
40. Voitsekhovich O.V., Lavrova T.V. Remediation Planning of Uranium Mining and Milling Facilities: The Pridneprovsky Chemical Plant Complex in Ukraine // In Remediation of Contaminated Environments (2009). P. 343–356.
41. Костез А.Б., Лаврова Т.В. Прикладная ядерная спектрометрия радионуклидов уран-ториевых рядов в пробах окружающей среды. Часть 1 К.: УкрНИГМИ, ЗАО "Випол", 2011. 212 с.
42. Jackubik A., Kurylchuck M., Voitsekhovich O., Waggitt P., "Monitoring and remediation of the legacy sites of uranium mining in Central Asia" / In: Uranium Mining and Hydrogeology. 2008. P. 389–404.
43. Voitsekhovich O., Lavrova T. Case Studies. Uranium Legacy sites in Central Asia and Ukraine. Chapter 9 / In: The Environment behavior of Uranium. IAEA. Vienna, 2021. P. 201–210.
44. Войцехович О.В. Приднепровский химический завод — масштабы бедствия и перспективы приведения площадки уранового наследия ("ПХЗ") в безопасное состояние // веб-сайта "Uatom.org" 2017.
45. Voitsekhovich O., Lavrova T., "Remediation Strategy for Former PChP Uranium Production Site in Ukraine". Proc. 44th Annual Waste Management Conference (WM2018), Phoenix, Arizona (2018).
46. Voitsekhovich O., Lavrova T. Optimizing monitoring of legacy Uranium processing site. Journal. Nuclear Engineering International. February 2012. www.neimagazine.com.
47. Korychenskiy K.O., Laptev G.V., Lavrova T.V., Dyvak T.I. Speciation and mobility of uranium in tailings materials at the U-production legacy site in Ukraine. Journal. Nuclear Physics and Energy. *Radiobiology and Radioecology*. 2018. № 19 (3). P. 270–279.
48. Лаврова Т.В. Методичні засади моніторингу природного середовища на об'єктах спадщини уранового виробництва. Автореферат дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеню кандидат географічних наук. УкрГМІ. 2021.
49. Войцехович О., Канівець В., Лаптев Г., Кіреєв С., Обрізан С. Стан радіоактивного забруднення поверхневих вод Збірник доповідей "30 років Чорнобильської катастрофи" / В: 30 років Чорнобильської катастрофи. Огляди. Збірник інформаційно-аналітичних доповідей. Publisher: К.: КІМ., <http://www.chornobyl.net/збірник-30-рок> Project: Chernobyl 2016
50. Войцехович О.В., Грій В.А. Сучасний стан і перспективи розвитку загальнодержавної мережі радіаційного моніторингу природного середовища. *Праці Центральної геофізичної обсерваторії*. Вип. 17 (31). 2021. С. 70–82.
51. Процак В.П., Войцехович О.В., Лаптев Г.В. Оцінка динаміки виносу радіонуклідів за межі зони відчуження повітряним шляхом за період пожеж 02-20.04. 2020 рр. Український гідрометеорологічний інститут м. Київ: <https://uhmi.org.ua/msg/fire2020/analytical.pdf>, 2020
52. Masson O., Romanenko O., Saunier O., Kirieiev S., Protsak V., Laptev G., Voitsekhovich O. et al. "Europe-wide atmospheric radionuclide dispersion by unprecedented wildfires in the Chernobyl Exclusion Zone, April 2020". Journal: *Environmental Science & Technology*. 2021.
53. Konoplev, A., V. Golosov, G.Laptev, K. Nanba, Y. Onda, et al. Behavior of accidentally released radiocesium in soil–water environment: Looking at Fukushima from a Chernobyl perspective. *Journal of environmental radioactivity*. 2016. № 151. P. 568–578.
54. Igarashi Y., Onda Y., Wakiyama Y., Konoplev A., Zheleznyak M., Lisovy H., Laptev G. et al. Impact of wildfire on ^{137}Cs and ^{90}Sr wash-off in heavily contaminated forests in the Chernobyl exclusion zone. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 259.
55. Konoplev, A., Kanivets, V., Zhukova, O., Germenchuk, M., Derkach, G. Mid- to long-term radiocesium wash-off from contaminated catchments at Chernobyl and Fukushima. *Water Research*. 2021. Vol. 188. 116514. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135420310496>
56. Konoplev A., Wakiyama Y., Wada T., Udy C., Kanivets V. Radiocesium distribution and mid-term dynamics in the ponds of the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant exclusion zone in 2015–2019. *Chemosphere*, 2021. Vol 265. 12 p.
57. Konoplev A., Kanivets V., Zhukova O., Germenchuk M., Derkach G. Semi-Empirical Diffusional Model of Radionuclide Wash-Off from Contaminated Watersheds and Its Testing Using Monitoring Data for Fukushima and Chernobyl Rivers. *Geochemistry International*. 2021. 59 (6). P. 607–617.
58. IAEA-TECDOC-1886: Environmental Impact Assessment of the Drawdown of the Chernobyl NPP Cooling Pond as a Basis for

- Its Decommissioning and Remediation 2019 (contributors: V. Kanivets, G. Laptev, V. Protsak, O. Voitsekhovych. <https://www.iaea.org/publications/13595/environmental-impact-assessment-of-the-drawdown-of-the-chernobyl-npp-cooling-pond-as-a-basis-for-its-decommissioning-and-remediation>
59. Kanivets V., Laptev G., Konoplev A., Lisovyi H., Derkach G., Voitsekhovych O. Distribution and dynamics of radionuclides in the Chernobyl Cooling Pond. In: Behavior of Radionuclides in the Environment. Vol. II. P. 349–405.
 60. Konoplev A., Kanivets V., Laptev G., Voitsekhovich O., Zhukova O. Long-Term Dynamics of the Chernobyl-Derived Radionuclides in Rivers and Lakes. In: Behavior of Radionuclides in the Environment. Vol. II. 2020. P. 323–348.
 61. Konoplev A., Laptev G., Igarashi Y., Nanba K. Vertical distributions of Chernobyl-derived ^{137}Cs and ^{241}Am in bottom sediments of water bodies in exclusion zone represent long-term dynamics of water contamination. In: Proc. International Conference on Environmental Radioactivity. 2019.
 62. Bezhenar R., Zheleznyak M., Gudkov D., Kanivets V., Laptev G., Protsak V.. Model & data based assessment of the impacts of drawdown of the Chornobyl NPP Cooling Pond on the Cs-137 concentrations in water, sediments and biota. EGU General Assembly Conference 2021.
 63. Канівець В.В., Аксюк О.М., Скуднава Л.В. Настанова гідрометеорологічним станціям і поста́м Вип.12. Спостереження за радіоактивним забрудненням навколишнього середовища. Част. 2. Спостереження за радіоактивним забрудненням поверхневих во суші і моря. Держгідромет України. 2010 143 с.
 64. Пірнач Л.С. Лаптев Г.В., Дивак Т.І. Визначення активності ^{90}Sr у воді шляхом прямого вимірювання рідино-сцинтиляційним лічильником. *Ядерна фізика та енергетика*. 2015. Т. 16. № 2. С. 177–182/
 65. Пірнач Л.С, Дивак Т.І, Лаптев Г.В. Збірка методик прискореного визначення стронцію-90 у пробах природного середовища. Український гідрометеорологічний інститут. 2020/ 81 с.
 66. Лаврова Т.В. Методичні рекомендації щодо визначення сумарної альфа-та бета-активності у водному середовищі рідинно-сцинтиляційним методом Український гідрометеорологічний інститут. 2021/ 43 с.
 67. Войцехович О.В., Лаврова Т.В, Кориченський К.О Моніторинг і технічний нагляд на майданчиках і об'єктах спадщини уранового виробництва. (Керівництво). 2018. 68 с.



ДОСЛІДЖЕННЯ ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ

Ю. Ільїн

Одним з основних напрямків наукової діяльності Українського гідрометеорологічного інституту є комплексне вивчення гідрометеорологічного режиму та стану забруднення Чорного та Азовського морів. Здебільшого такі роботи виконувалися колективом Морського відділення у Севастополі, яке входило до складу інституту з 1992 по 2014 роки.

ІСТОРИЧНИЙ НАРИС

Історія Морського відділення (МВ) УкрГМІ тісно пов'язана з розвитком морських гідрометеорологічних досліджень і спостережень Чорного і Азовського морів у Криму і Севастополі. Вона сягає першої половини XIX сторіччя, коли 1824 року в Севастополі була відкрита перша гідрометеорологічна станція, яка згодом переросла у обсерваторію.

Після Кримської війни 1854–55 років гідрометеорологічна станція була відкрита 1869 р. на мисі Павловському, посеред великої Севастопольської бухти, а у 1870–80 роках працювала станція на Інкерманському маяку (у верхів'ї бухти).

1834 року у Миколаєві була заснована морська обсерваторія, яку в 1909 р. було переведено до м. Севастополь.

1912 р. у м. Феодосія був організований Гідрометеорологічний центр (як тоді його називали — Гімецентр) на базі портової гідрометстанції цивільної служби. Він існував до 1917 р., коли місцева гідрометеорологічна інфраструктура була підпорядкована Гідрографічному відділу Чорноморського флоту.

Після Першої світової і Громадянської воєн розвиток установ, пов'язаних з історією МВ, виглядав таким чином.

1922 р. цивільна морська мережа була передана Центральному управлінню морського транспорту, у складі якого було організовано Центральне гідрометеорологічне бюро. На базі Феодосійської станції відновлено Гімецентр, при ньому 1924 року організовано Бюро погоди. Розширилася програма спостережень на станціях і постах, почалися спостереження на рейдах, а також спеціальні дослідження у районах портів, у Керченській протоці, у дельтах річок і окремих районах морів. 1929 р. Гімецентр був реорганізований у Геофізичну обсерваторію, яка, у свою чергу, 1930 року була пере-

творена на Гідрометеорологічний інститут Чорного і Азовського морів (Гімеін). Цього ж року, у зв'язку з реорганізацією гідрометеорологічної служби у СРСР, Гімеін разом з усіма цивільними станціями, прикріпленими до нього, увійшов до складу Гідрометеорологічного Управління Чорного і Азовського морів, або, вірніше, Управління було організоване на базі Гімеіну.

1934 року, за наполяганням командування Чорноморського флоту, Управління гідрометеорологічної служби Чорного і Азовського морів (УГМС ЧАМ) було переведено до Севастополя, а у Феодосії на базі гідрометстанції I розряду та інших підрозділів, що залишилися, була відновлена Геофізична обсерваторія. 1940 р. її також було переведено до Севастополя. До цього часу у систему гідрометеорологічної служби були передані від військової гідрографії майже усі маячні станції і пости, а у підпорядкуванні Гідрографії залишилися лише гідрометеорологічні станції, розташовані в районах військово-морських баз.

1939 року УГМС ЧАМ і обсерваторія розташувалися у спеціально спорудженому будинку на центральному пагорбі міста Севастополь. Ця споруда серед небагатьох інших збереглася під час оборони (1941–42 років) і штурму (1944 року) Севастополя у Другу світову війну. На одному з фасадів досі видно рельєфний напис "Управление гидрометеорологической службы".

Під час війни цивільні і військові підрозділи гідрометеорологічних служб на Чорному і Азовському морях, були об'єднані в Управління гідрометеорологічної служби Чорноморського флоту, яке діяло до 1946 р., коли було розформоване. Одразу після визволення, у травні-червні 1944 р., УГМС ЧФ і обсерваторія повернулися з евакуації до Севастополя.

У березні 1946 р. на Азово-Чорноморському басейні знову почали діяти дві гідрометеорологічні служби — військова і цивільна. Військова у складі морської гідрометеорологічної обсерваторії і Служби погоди увійшла до складу Гідрографічного відділу Чорноморського флоту, а цивільна у складі Севастопольського управління гідрометеорологічної служби і Гідрометеорологічної обсерваторії залишилася у підпорядкуванні Головного управління гідрометеорологічної служби (ГУГМС) СРСР.

1947 р., через гостру нестачу житлових і службових приміщень у Севастополі, обсерваторію, за розпорядженням ГУГМС, було перебазовано на Кавказ, до м. Туапсе, де на її базі було засновано Туапсинську науково-дослідну морську обсерваторію.

У 1955 р., після ліквідації Севастопольського УГМС, обсерваторія з Туапсе була переведена назад до Севастополя і отримала назву Гідрометеорологічної обсерваторії Чорного і Азовського морів (ГМО ЧАМ) з адміністративним підпорядкуванням Управлінню гідрометеорологічної служби Української РСР.

17 червня 1964 р. до назви було додане слово "Басейнова" (БГМО ЧАМ) і обсерваторія стала головним методичним і аналітичним центром морської і гирлової мережі гідрометслужби на Чорному і Азовському морях. Окрім цього, обсерваторія була відомим осередком регіональних океанографічних наукових досліджень. Її співробітники за післявоєнний період підготували і опублікували велику кількість наукових статей і доповідей, монографічні та довідкові видання. Починаючи з 1962 р., щорічно видавалися Збірки робіт обсерваторії. Регулярні експедиційні роботи виконувалися як на власних

науково-дослідних суднах (НДС) "Моревед", "Мгла" і "Риф", так і на плавзасобах мережових підрозділів. Обсерваторії також були підпорядковані суднові гідрометеорологічні станції III розряду на НДС "Михаил Ломоносов" та "Академик Вернадский" Морського гідрофізичного інституту (МГІ) АН УРСР. Уся інформація берегових та експедиційних спостережень гідрометслужби на Чорному і Азовському морях оброблялася та узагальнювалася в БГМО ЧАМ і зберігалася в її гідрометфонді.

З метою підвищення рівня наукової діяльності БГМО ЧАМ, на її базі 15 січня 1971 р. було створено Лабораторію південних морів (ЛПМ) Державного океанографічного інституту (ДОІН), головна установа якого розташована у Москві і підпорядкована ГУГМС СРСР. З цього часу слід починати відлік новітньої історії МВ УкрГМІ як науково-дослідницької установи.

Вже за два роки, 30 червня 1973 р., ЛПМ була перетворена на більш потужний науковий заклад — Севастопольське відділення (СВ) ДОІН, яке існувало під такою назвою до початку 1992 р., маючи у своєму складі кілька наукових лабораторій, власну базу виміральної, хіміко-аналітичної і обчислювальної



Будівля УГМС ЧАМ в 1944 році серед руїн центру Севастополя



Вид на центр міста з Історичного бульвару, 1954 рік (будівля БГМО ЧАМ в центрі кадра)



Будівля МВ УкрГМІ (вид з готелю "Україна"), 2009 рік



Головний фасад МВ УкрГМІ

техніки, гідрометфонд, фотоофсетну друкарню, НДС "Мгла" (до 1979 р.) і дослідницький катер "Порив" (з 1975 до 2010 рр.). СВ ДОІН виконувало систематичні дослідження Азовського і Чорного морів, Керченської протоки, гирлових областей річок як самостійно, так і разом з оперативно-виробничими установами морської мережі та іншими науковими установами.

У 1970–1980-х роках в СВ ДОІН інтенсивно розвивався екологічний напрямок досліджень: разом з традиційними морськими гідрометеорологічними роботами (хвилі, течії, льодові умови, рівень моря, термохалінна структура вод тощо) велися гідрохімічні дослідження (хімічний режим вод) відкритих і прибережних акваторій, вивчення забруднення вод, у тому числі на мережі станцій ЗДССК (Загальнодержавна служба спостереження і контролю забруднення вод Чорного і Азовського морів) за гідрохімічними і гідробіологічними параметрами. Виконувався великий обсяг регулярних експедиційних робіт у Чорному та Азовському морях, а також у морях середземноморського басейну. Після списання НДС "Мгла" експедиційні дослідження Азово-Чорноморського басейну проводилися переважно за планами і безпосередньою участю фахівців СВ ДОІН на судах Одеського відділення ДОІН (теперішній Український науковий центр екології моря — УкрНЦЕМ), яке в той час переважно обслуговувало океанографічні та метеорологічні дослідження у Північній Атлантиці, маючи у своєму розпорядженні базу науково-дослідних суден ("кораблів погоди") гідрометслужби СРСР.

Деякі з цих суден регулярно виконували океанографічні зйомки у Чорному морі за програмами, які розроблялися фахівцями СВ ДОІН, а експедиції комплектувалися за участю севастопольців. Найчастіше такі експедиції проводилися на НДС "Яков Гаккель" і "Владимир Паршин". Матеріали експедицій потрапляли до гідрометфонду СВ ДОІН.

У зв'язку з передачею організацій гідрометслужби колишнього СРСР, що знаходилися на території України, у підпорядкування Держкомітету України з гідрометеорології, у березні 1992 р. СВ ДОІН було реорганізоване і уведене до складу УкрГМІ у якості Морського відділення.

До 2014 року МВ УкрГМІ був головним науково-методичним та інформаційно-аналітичним закладом морської мережі гідрометслужби України. Фонди відділення (філія Національного галузевого архіву) і створені на їхній основі комп'ютерні бази даних та ГІС постійно поповнювалися даними спостережень з берегових гідрометстанцій та регіональних обсерваторій. Деякі з цих виробничо-оперативних закладів виконують систематичні спостереження

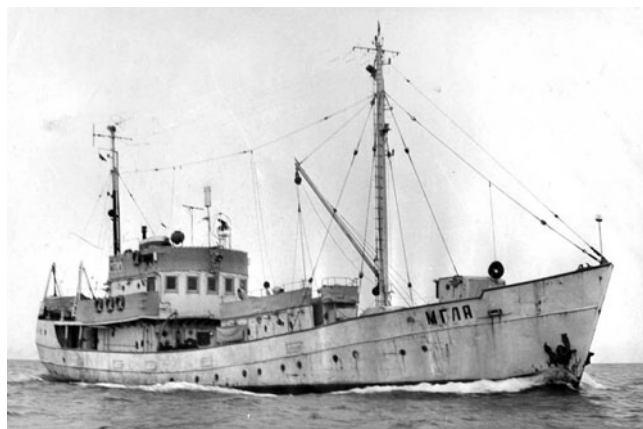
за фізичними та хімічними параметрами морського довкілля прибережної смуги, маючи власні малотонажні судна. Морське відділення УкрГМІ також володіло таким судном. Це дослідницький катер "Порив", який використовувався для систематичних експедиційних досліджень гідрологічного і гідрохімічного стану (включаючи забруднення вод та донних відкладів) Севастопольських бухт та узмор'я за програмами державного моніторингу якості морського довкілля.

Інформація спостережень морської гідрометеорологічної мережі та експедицій на малотоннажних судах невпинно систематизувалася, узагальнювалася та аналізувалася у Морському відділенні УкрГМІ. Готувалися щорічні видання державного водного кадастру (ДВК), аналітичні огляди та довідки щодо стану морів та морських гирл річок.

За останні десятиріччя МВ було залучене до участі у кількох міжнародних науково-дослідницьких програмах, серед яких проєкт "Marine Environmental Assessment of the Black Sea Region" МАГАТЕ, "Black Sea Ecosystem Recovery Project" ГЕФ ООН, програма "Black Sea GOOS" Міжурядової Океанографічної Комісії ЮНЕСКО, проєкти "ARENA", "ASCABOS", "Upgrade Black Sea SCENE" та "EMODNet Chemistry" Європейського Союзу.

За час існування як наукового закладу, відділення очолювали:

- 1971–1980 рр.: **ОСИПОВ Юрій Сергійович** — директор ЛПМ, згодом — СВ ДОІН, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник
- 1980–1981 рр.: **РЯБІНІН Анатолій Іванович** — тимчасово виконуючий обов'язки директора СВ ДОІН, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник.
- 1981–1987 рр.: **АФАНАСЬЄВ Юрій Олександрович** — директор СВ ДОІН, доктор хімічних наук, професор.
- 1987–1989 рр.: **ПОПОВ Василь Петрович** — тимчасово виконуючий обов'язки директора СВ ДОІН, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник.
- 1990–1995 рр.: **ЖИЛЯЄВ Анатолій Павлович** — директор СВ ДОІН, згодом — МВ УкрГМІ, кандидат географічних наук, старший науковий співробітник.
- 1995–1996 рр.: **ГОЛУБЄВ Юрій Миколайович** — директор МВ УкрГМІ, кандидат фізико-математичних наук.
- 1996–2000 рр.: **СИМОВ Віталій Георгійович** — директор МВ УкрГМІ, кандидат географічних наук, старший науковий співробітник.
- 2000–2014 рр.: **ІЛЬІН Юрій Павлович** — директор МВ УкрГМІ, кандидат фізико-математичних



НДС "Мгла", на якому виконувалися експедиційні дослідження Чорного і Азовського морів протягом 1960–1979 рр.



НДС "Яков Гаккель" в Севастополі перед виходом у чорноморську експедицію за програмою СВ ДОІН



НДС "Владимир Паршин" веде дослідження в Чорному морі. У складі експедиції — фахівці СВ ДОІН



Дослідницький катер МВ УкрГМІ "Порив" виконує гідрологічні роботи у Балаклавській бухті Севастополя (2003 р.)

наук (з 2016 р. — доктор географічних наук), старший науковий співробітник.

Внаслідок окупації Криму Росією тематику Морського відділення УкрГМІ 2014 року частково перенесено до головного інституту у м. Києві. Тут ще з 1990-х років розроблялися методи і засоби вивчення морських гідрологічних та екологічних процесів за допомогою радіоізотопних трасерів, а низка експедиційних досліджень дозволила створити архів колонок донних відкладень, які за допомогою прецизійного пошарового датування дозволяють вивчати кліматичну і екологічну історію у різних районах шельфу та глибоководної котловини Чорного моря. Тепер в інституті розгорнуто роботи з кліматології та екології морських регіонів, а також з оперативної океанографії.

СТРУКТУРА, НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСНОВНІ ДОСЯГНЕННЯ МВ УКРГМІ

Станом на початок 2014 року до складу Морського відділення УкрГМІ входили три структурні підрозділи (лабораторії).

Лабораторія гідрометеорології моря (ЛГМ) головним чином займалася дослідженнями гідрологічного і метеорологічного режимів Азово-Чорноморського басейну (АЧБ), багаторічної мінливості системи циркуляції та фізичних властивостей морських вод, веде узагальнення та аналіз поточної інформації, яка надходить з мережі морських гідрометеорологічних спостережень. Розроблялися методологічні основи та питання оптимізації цих спостережень. На основі фондів інституту, які вміщують дані спостережень з кінця 19-го сторіччя, створено інтегровану комп'ютерну базу океанографічних даних АЧБ, найбільш повну серед тих, що є в Україні. Для аналізу та представлення інформації розроблено ГС "Гідрометеорологія та гідрохімія Чорного і Азовського морів". Лабораторія також організує та проводить регіональні експедиційні дослідження Севастопольських бухт та прибережної смуги півдня Криму. Одним з найважливіших напрямів роботи ЛГМ є розробка та втілення в оперативну практику сучасних чисельних методів морських гідрологічних розрахунків та прогнозів. Задля цього

здійснюється доведення визнаних та випробуваних математичних моделей динамічних процесів (таких як вітрове хвилювання, прибережні течії, неперіодичні коливання рівня моря) до рівня, який дозволяє працювати з ними фахівцям-прогнозістам в умовах оперативного підрозділу. Завершено роботи щодо пристосування міжнародних чисельних моделей WAM і SWAN до завдань діагнозу і прогнозу морського хвилювання. Розроблено моделі розрахунку і прогнозу рівня моря, течій та транспорту речовин у прибережних і шельфових водах Чорного і Азовського морів.

Завідувач ЛГМ — Фомін Володимир Володимирович, доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, досвідчений фахівець з розробки й використання чисельних моделей морських систем та процесів. Провідні фахівці — к.геогр.н. М.М. Дьяков, Л.Н. Репетін, О.Є. Липченко, С.Б. Горбач.

Лабораторія прибережної смуги та річкових гирл (ЛПСРГ) була єдиним спеціалізованим науковим підрозділом в Україні, який займався дослідженнями та моніторингом екологічного стану гирлових ділянок річок, що впадають до Чорного та Азовського морів. Гирлова океанографія має ряд специфічних напрямків, такі як дослідження водо-, соле- та теплообміну між рікою та морем, обміну забруднюючими речовинами, проникнення морських вод у дельти, динаміка процесів у прибережних акваторіях моря, очищення вод в естуаріях та дельтах тощо. Інформація безперервних спостережень, яка систематично надходить із стаціонарних пунктів гідрометслужби у гирлах річок та естуаріях, а також спеціальні спостереження, виконані лабораторією, аналізувалися та вводилися у банк даних річкових гирл, який містить інформацію про стік річок, фізичні та хімічні показники якості вод естуаріїв та прилеглих ділянок моря, вміст завислих речовин та техногенних забруднювальних речовин тощо. Проблеми вивчення процесів у прибережній смузі та екологічного моніторингу АЧБ неможливо розв'язати без постійного врахування впливу великих та малих річок на морське довкілля.

Роботою ЛПСРГ керував директор МВ Ільїн Ю.П., канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, фахівець у галузях фізичної океанографії, супутникового дистанційного зондування морського довкілля, інтеграції різних видів інформації у дослідженнях моря і прибережної смуги. Провідним фахівцем з гирлової тематики був Симов Віталій Георгійович, к.геогр.н., с.н.с., засновник і багаторічний керівник Лабораторії річкових гирл. Інші провідні науковці — к.геогр.н. Р.Я. Міньковська, М.Г. Хоролич, О.М. Демидов.

Лабораторія хімії моря (ЛХМ) була одним з найкращих моніторингових підрозділів з гідрохімії моря серед існуючих в Україні та Росії на Азово-Чорноморському басейні. Цей підрозділ, окрім узагальнення інформації про хімічний стан та забруднення морських вод, що надходить з мережі станцій, проводив власні моніторингові спостереження за якістю повітря, морської та прісної води в Севастополі та Криму за багатьма хімічними показниками, серед яких — розчинений у воді кисень, біогени, нафтопродукти, пестициди, важкі метали, окисли вуглецю та азоту у повітрі, радіонукліди тощо. Лабораторія готувала розділи до національних доповідей про стан довкілля, видавала щорічні огляди забруднень моря, публікувала довідникові монографії.

Засновником і багатолітнім завідувачем ЛХМ був Рябінін Анатолій Іванович, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, відомий учений з великим досвідом у галузі морської гідрохімії, вивчення забруднення вод та атмосферного повітря. У 2013 році лабораторію очолила І.В. Мезенцева, кандидат геогр. наук. Провідні фахівці — к.геогр.н. А.В. Чайкіна, Ю.А. Мальченко, Н.П. Клименко, С.А. Шибяєва.

У 2000 році Ученою радою УкрГМІ були затверджені наступні головні напрямки досліджень Морського відділення:

1. *Кліматологія морських процесів та діагноз забруднення середовища Азово-Чорноморського басейну:*

- вивчення багаторічних тенденцій (циклів та трендів) мінливості інтегральних показників інтенсивності циркуляції та параметрів структури морських вод;
- пошук кількісних зв'язків між кліматологічними параметрами морського середовища та головними факторами, які на них впливають (компоненти водного, теплового та сольового балансів, глобальні та регіональні метеорологічні показники, евтрофікація тощо);
- діагноз сучасного стану антропогенного забруднення морського довкілля та виявлення його тенденцій у зв'язку зі змінами соціально-економічних показників у прибережній смузі морів;

2. *Удосконалення системи морського гідрометеорологічного забезпечення господарства та оптимізація морських гідрометеорологічних і екологічних спостережень:*

- пошук оптимальних схем океанографічних та екологічних спостережень, які відповідають сучасному рівню знань про фізичні, хімічні та біологічні процеси у морському довкіллі, а також розташуванню “вікових” розрізів та станцій морських гідрометеорологічних спостережень;

- впровадження сучасного обладнання та вдосконалення методичної бази морських гідрометеорологічних досліджень;
- створення регулярних інформаційних матеріалів та довідникових посібників для важливих регіонів та галузей морської діяльності;
- удосконалення систем передачі та обміну інформацією та гідрометеорологічного забезпечення користувачів.

3. *Розробка та впровадження методів коротко- та довгострокового прогнозування основних показників стану морського середовища:*

- пошук та аналіз можливостей сучасних стандартизованих методів та моделей чисельних розрахунків та прогнозів основних параметрів морського середовища;
- розробка регіональних моделей та методів морських розрахунків та прогнозів на базі накопичених рядів спостережень;
- створення "дружнього" комп'ютерного інтерфейсу складних прогностичних розрахунків для впровадження створених методів у практику морських прогностичних установ.

4. *Створення інтегрованих баз даних та ПС щодо гідрометеорології, гідрохімії та забруднення Азово-Чорноморського басейну:*

- "археологія та порятунок" (занесення на комп'ютерні носії) історичних даних спостережень та стандартизація форматів гідрометеорологічних та екологічних баз даних;
- розробка зручних спеціалізованих систем управління базами даних на основі сучасних комп'ютерних засобів;
- удосконалення та автоматизація систем обробки та аналізу гідрометеорологічної та екологічної інформації;
- створення діючих макетів спеціалізованих географічних інформаційних систем (ПС), інтегрованих з базами даних, та розширення обсягу їхніх функцій щодо представлення та аналізу інформації.

Впровадження результатів досліджень МВ УкрГМІ здійснювалося, головним чином, за рішенням замовника держбюджетних науково-дослідних робіт — державної гідрометеорологічної служби України (у тому числі — щорічники ДВК, огляди забруднення морських вод, матеріали до Національних доповідей, матеріали щодо гідрометеорологічного та гідрохімічного режиму морів та гирлових ділянок річок). Результати контрактних досліджень та госпдоговірних робіт втілювалися у вигляді звітів та довідок для проектування морських гідротехнічних споруд, облаштування морських нафто-газових родовищ та будівництва терміналів і трубопроводів. Довідки про стан забруднення стічних вод, природ-

них та штучних водних об'єктів та атмосферного повітря надавалися установам-замовникам на договірних засадах, а керівним та контролюючим державним органам — безкоштовно. Методи прогнозу вітрового хвилювання, рівня моря та течій, програмне забезпечення обробки та відтворення даних спостережень впроваджувалися в оперативно-виробничих і прогностичних установах морської гідрометеорологічної мережі України.

Головні досягнення МВ УкрГМІ:

- низка монографій, атласів, довідникових посібників та тематичних збірок наукових праць з питань гідрометеорології, гідрохімії та забруднення довкілля АЧБ ("Океанографічний атлас Чорного і Азовського морів", виданий 2009 року у співдружності з низкою інших морезнавчих установ, був удостоєний Державної премії України у галузі науки і технологій 2011 року);
- систематичне узагальнення результатів досліджень у вигляді щорічників ДВК, оглядів забруднення морського довкілля, матеріалів до Національних доповідей про стан довкілля України;
- комп'ютерні бази даних з гідрометеорології та гідрохімії морів і гирлових ділянок річок;
- спеціалізована географічна інформаційна система (ПС) "Гідрометеорологія Чорного і Азовського морів";
- програмні комплекси з обробки та відображення результатів гідрологічних та гідрохімічних спостережень та вимірювань;
- методи та результати розрахунку складових водного, сольового та теплового балансів Азовського та Чорного морів за даними гідрометеорологічних спостережень;
- оцінка кліматичних змін показників гідрологічного та хімічного режимів морів та окремих районів їхньої прибережної смуги;
- модель чисельного прогнозу вітрового хвилювання інтегрована з моделлю чисельного прогнозу погоди;
- комплексна чисельна модель динаміки моря для одночасного розрахунку та прогнозу полів хвилювання, течій, рівня моря та переносу пасивних домішок у широкому діапазоні просторово-часових масштабів.

Далі наведено короткий опис деяких з перелічених здобутків.

➤ **Дослідна автоматизована система морських спостережень.** Морське відділення УкрГМІ як науково-методичний центр морської мережі гідрометслужби України, у співпраці з академічними океанографічними установами та оперативно-виробничими підрозділами, здійснював значні зу-

силля щодо впровадження сучасних технологій вимірювань та обробки даних спостережень.

У практику експедиційних робіт на малих судах впроваджувалися розроблений в МГІ НАНУ зондувальний комплекс з каналами температури та електропровідності води, розчиненого кисню та касетою батометрів для відбору проб води з різних глибин для подальшого хімічного аналізу. Роботи виконувалися у прибережних водах Криму на НДС "Нептун", а також в Севастопольській і Балаклавській бухтах на катері "Порив".

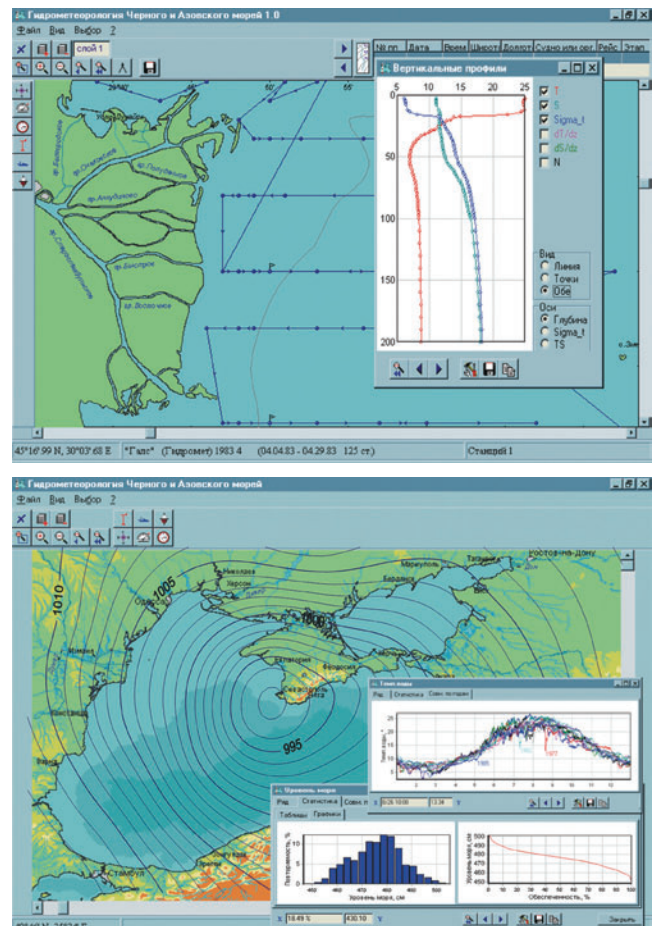
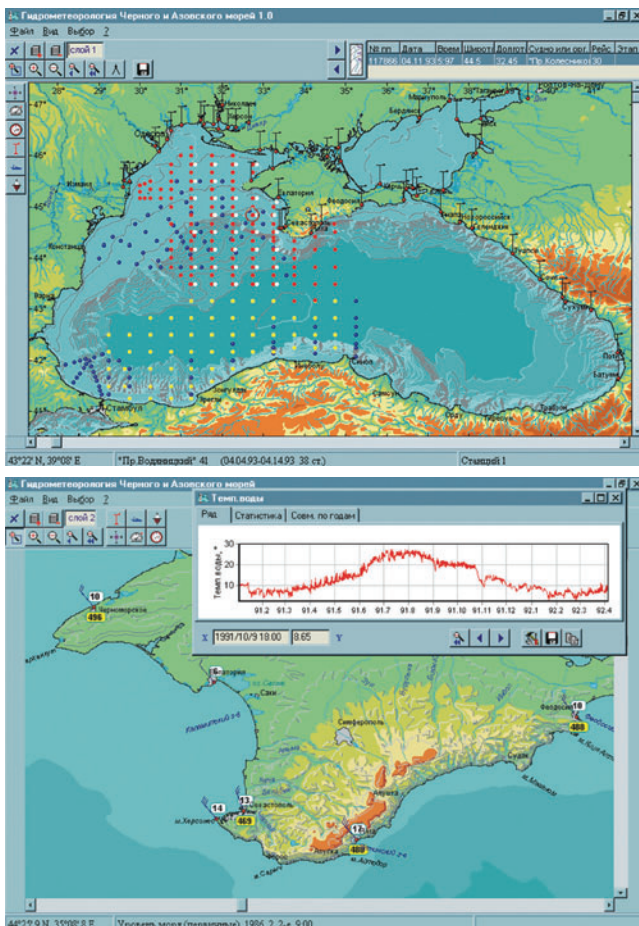
Протягом 2000–2004 років спільними зусиллями МВ УкрГМІ, МГІ НАНУ та підрозділів Кримського центру з гідрометеорології проводилися експериментальні роботи зі спільно розробленим діючим макетом автоматизованої системи прибережних гідрометеорологічних вимірювань для морської мережі України. Проведено випробування і дослідну експлуатацію метеорологічних (вітер, температура і вологість повітря, атмосферний тиск) та гідрологічних (рівень моря, температура і солоність води) вимірювальних блоків, встановлених у стандартних умовах морської гідрометстанції. До

системи входили також банк даних з автоматизованим інтерфейсом прийому й обробки інформації, засоби контролю та аналізу масивів вимічених показників. Отримано цінні результати безперервних метеорологічних і гідрологічних вимірювань, які дали додаткову інформацію про характер та мінливість фізичних процесів у прибережній смузі моря, порівняно з даними паралельних стандартних строків спостережень.

➤ **ГІС "Гідрометеорологія Чорного і Азовського морів"**. Спеціалізована ГІС розроблена для забезпечення легкого та швидкого доступу до архівних даних океанографічних та метеорологічних спостережень у регіоні.

Головні джерела інформації: мережа морських та гирлових гідрометеорологічних станцій і постів колишнього СРСР та сучасної України; експедиційні дослідження на судах різних країн і відомств; архівні синоптичні карти.

Перелік океанографічних і метеорологічних величин: температура і солоність морської води, температура і вологість повітря, атмосферний тиск, вітер,



Приклади представлення і комбінації метеорологічної і океанографічної інформації в спеціалізованій ГІС "Гідрометеорологія Чорного і Азовського морів"

хмарність, опади, рівень моря, хвилювання, річковий стік, розчинений у воді кисень, сірководень, біогенні речовини, техногенні забруднюючі речовини.

Період спостережень: від 10 до 100 і більше років, у залежності від регіону та величини, що аналізується. ГІС забезпечує доступ до інформації різного рівня обробки — первинні дані, середньодобові, середньомісячні та середньорічні дані, кліматологічні дані (середні та екстремальні за увесь вибраний проміжок часу).

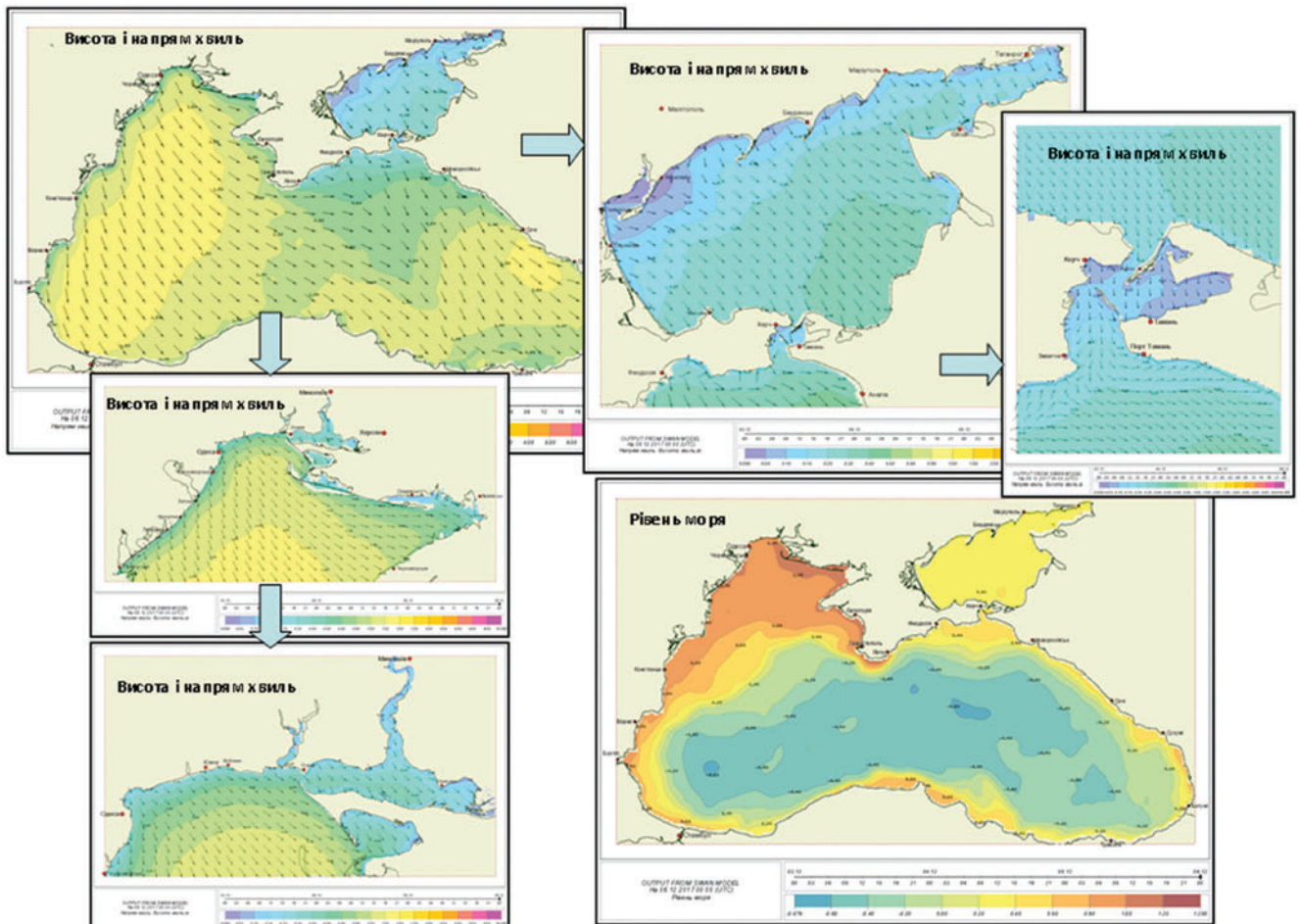
Візуалізаційні можливості дозволяють комбінувати дані різного типу, наприклад — графіки часових рядів на станціях і карти просторового розподілу величин. Картографічні шари складаються з батиметрії, річкової мережі, рельєфу суходолу, населених пунктів, державних кордонів та умовних меж територіальних вод та економічних зон прилеглих країн.

➤ **Комплексна чисельна модель морських динамічних процесів.** Одним з напрямків діяльності МВ УкрГМІ були комплексні дослідження мінливості гідрометеорологічних умов у місцях проектування і

будівництва технологічних платформ та трубопроводів у різних районах шельфу і прибережної смуги Азово-Чорноморського басейну (АЧБ).

Для вирішення вищевказаних прикладних завдань була розроблена комплексна математична комп'ютерна модель, що дозволяла проводити одночасно розрахунки морських течій та вітрового хвилювання (з урахуванням їхньої взаємодії), транспорту наносів, а також переносу і трансформації завислих і розчинених у воді речовин, у тому числі техногенних забруднюючих речовин. Модель не мала аналогів в Україні і відрізнялася від інших моделей найбільш повним описом гідродинамічних особливостей прибережних вод.

Розроблена модель і її окремі компоненти з успіхом використовувалися для розрахунків динаміки течій, вітрового хвилювання і транспорту донних наносів у районах проектування гідротехнічних споруд у конкретних прибережних районах АЧБ (Східно-Казантипське і Північно-Булганакське газові родовища у Азовському морі, гирло Дніпро-Бузького лиману, Балаклавська бухта, острів Коса Тузла, Феодосійський порт).



Приклади прогностичних полів хвилювання та відхилень рівня моря для АЧБ та його окремих регіонів

Модель складається з кількох основних компонент: модуль розрахунку трьохмірного поля течій і характеристик турбулентного перемішування; модуль розрахунку характеристик поверхневого хвилювання; модуль опису взаємодії хвиль і течій у поверхневому і придонному шарах; модуль розрахунку транспорту завислих і донних наносів; модуль розрахунку переносу і дифузії розчинених субстанцій. Вхідними даними моделі є поле вітру і потоки маси через бокові границі басейну, а також інформація про рельєф дна і склад донних відкладів.

Для чисельної реалізації моделі використаний алгоритм "вкладених сіток" (nesting), що дозволяє ефективно проводити розрахунки для окремих районів з вирішенням проблеми „рідких границь“. На першому етапі моделюються поля динамічних характеристик на грубій сітці для усього моря. На другому етапі моделюються поля для виділеної підобласті на більш мілкій сітці. При цьому у якості граничних умов на рідких границях використовуються дані, отримані у попередніх (грубих) розрахунках. Таких етапів може бути кілька, у залежності від необхідного ступеню деталізації і заданого просторового розрізнення (розмірів регіону, що моделюється).

На основі функціонуючого в УкрГМІ з 2007 року комплексу метеорологічного прогнозування WRF створено систему прогнозу морського хвилювання шляхом адаптації для АЧБ моделі SWAN (Simulating WAVes Nearshore), яка представляє третє покоління моделей, що розробляються у Делфтському Технологічному Університеті. Вона призначена для прогнозу параметрів хвиль (висота, напрям, період) переважно у прибережних водах та водоймах на суходолі. В УкрГМІ попередня версія моделі працювала з 2008 року як інструмент для вивчення режиму хвилювання, а також в оперативному режимі з метою інформаційного забезпечення прогнозування небезпечних ситуацій в Азово-Чорноморському басейні та окремо в Азовському морі (АМ).

З кінця 2017 року систему адаптовано для детального розрахунку прогностичних карт морського хвилювання Керченської протоки (КП) та Північно-західного шельфу (ПЗШ) Чорного моря, зокрема у районі Одеської затоки та Дніпровсько-Бузького лиману (ОДБ). Головна розрахункова сітка покриває весь простір АЧБ з кроком 4,5 км. Вкладена сітка з кроком 1,5 км вміщує у собі АМ, ПЗШ. В районі ОДБ розрахунки виконуються на сітці з кроком 250 м, а в КП — 150 м.

Результати 3-денного прогнозу вітрового хвилювання публікуються на сайті УкрГМІ (розділ "Прогноз погоди/SWAN"). На даний час на сайті з тригодинною дискретністю відображаються висота значних хвиль, середній напрям хвиль і середній період

хвиль для усіх п'яти вказаних районів. У комплексі з картами хвилювання розраховується також карта відхилень рівня моря від його незбуреного стану для усього простору АЧБ на криволінійній сітці, зі згущенням вузлів у прибережних районах.

**ГОЛОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ
МОРСЬКОГО ВІДДІЛЕННЯ УКРГМІ
(раніше — Басейнова гідрометеорологічна
обсерваторія Чорного та Азовського
морів, Лабораторія південних морів ДОІН,
Севастопольське відділення ДОІН)
ДО 2014 РОКУ**

1. Гидрометеорологический справочник Азовского моря / Под ред. А.А. Аксенова. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 856 с.
2. Цурикова А.П., Шульгина Е.Ф. Гидрохимия Азовского моря. Л.: Гидрометеоиздат, 1964. 257 с.
3. Атлас волнения и ветра Черного моря / Под ред. Г.В.Ржеплинского. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 111 с.
4. Сборники работ Бассейновой гидрометеорологической обсерватории Черного и Азовского морей / Под ред. А.И.Симонова. Вып. 1–8, 1962–1969.
5. Сборники работ Лаборатории южных морей / Под ред. А.И.Симонова. Вып. 9–11, 1970–1972.
6. Справочник по гидрометеорологическому режиму морей и устьев рек СССР. Часть I. Основные гидрологические характеристики. Том 4: Черное море. Вып. 1: Прибрежная зона. Киев, 1970.
7. Справочник по гидрологическому режиму морей и устьев рек СССР. Часть 1. Основные гидрологические характеристики. Том 4: Черное море. Вып. 2: Дунайская и Днепро-Бугская устьевые области. Киев, 1971.
8. Справочник по климату Черного моря / Под ред. А.И.Соркиной. М.: Гидрометеоиздат, 1974. 405 с.
9. Осипов Ю.С., Рябинин А.И. Научно-технический прогресс и окружающая среда. Киев: Об-во "Знание", 1979. 19 с.
10. Жилаев А.П., Есин Н.В. и др. Абразивный процесс на морском берегу. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 200 с.
11. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том. 4. Черное море / Под ред. Б. Х. Глуховского и др. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 100 с.
12. Статистические характеристики термохалинной структуры вод Черного моря /Под ред. Э.Н. Альтмана. Севастополь, СО ГОИН, 1987. 302 с.
13. Типовые поля ветра и волнения Черного моря / Под ред. Э.Н.Альтмана и Г.В. Матушевского. Севастополь, СО ГОИН, 1987. 116 с.

14. Альтман Э.Н., Гертман И.Ф., Голубева З.А. Климатические поля солености и температуры воды Черного моря. Севастополь, СО ГОИН, 1987. 110 с.
15. Губанов В.И., Рябинин А.И. Современный гидрохимический режим Эгейского моря. М.: Гидрометеиздат, Моск. отд-ние, 1988. 174 с.
16. Рябинин А.И., Кравец В.Н. Современное состояние сероводородной зоны Черного моря (1960–1986 годы). М.: Гидрометеиздат, Моск. отд-ние, 1989. 232 с.
17. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. М.: Гидрометеиздат, Моск. отд-ние, 1989. 328 с.
18. Труды ГОИН. Выпуски 132, 145, 153, 158, 176, 180, 189.
19. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана. С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1991. 429 с.
20. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы биологической продуктивности / Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябининой, Д.Е. Гершановича. С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. 219 с.
21. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV. Черное море. Вып. 3. Современное состояние загрязнения вод Черного моря / Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябининой. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1996. 232 с.
22. Симов В.Г. К вопросу о методах расчёта выноса загрязняющих веществ в море с речным стоком. *Труды УкрНИГМИ*. 1998. Вып. 246. С. 174–182.
23. Губанов В.И., Рябинин А.И., Симов В.Г. Экспертная оценка баланса нефтепродуктов в Черном море. *Труды УкрНИГМИ*. 1999. Вып. 247. С. 233–242.
24. Kanivets V.V., Voitsekhovitch O.V., Simov V.G., Golubeva Z.A. The post-Chernobyl budget of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Black Sea. *Journal of Environmental Radioactivity*. 1999. Vol. 43. P. 121–135.
25. Ильин Ю.П., Клименко Н.П., Рябинин А.И., Шибяева С.А. Техногенное загрязнение вод прибрежных районов Черного и Азовского морей в период 1990–1999 гг. *Труды УкрНИГМИ*. 2000. Вып. 248. С. 182–189.
26. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Романов А.С., Губарь Г.А. Океанографические исследования прибрежной зоны Южного берега Крыма с применением современных технологий судовых и спутниковых измерений. *Труды УкрНИГМИ*. 2000. Вып. 248. С. 228–241.
27. Миньковская Р.Я., Ильин Ю.П., Демидов А.Н. Вынос биогенных веществ в Черное море с речным стоком / В сб. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. С. 114–118.
28. Фомин В.В. Численная модель циркуляции вод Азовского моря. *Труды УкрНИГМИ*. 2001. Вып. 249. С. 246–255.
29. Ильин Ю.П. Долгопериодные изменения водообмена между Черным и Эгейским морями в рамках крупномасштабной бокс-модели / В сб. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Вып. 8. Севастополь: МГИ и ОФ ИнБЮМ НАНУ, 2003. С. 144–151.
30. Ilyin Y.P., Lemeshko E.M., Zervakis V. Water exchange in the Black and Aegean seas system based on the joint assessment of water and salt budgets / In: A. Yilmaz (ed.) *Oceanography of Eastern Mediterranean and Black Sea. Similarities and Differences of Two Interconnected Basins*. TUBITAK Publishers, Ankara, Turkey, 2003. P. 105–111.
31. Еремеев В.Н., Иванов В.А., Ильин Ю.П. Океанографические условия и экологические проблемы Керченского пролива. *Морской экологический журнал*. 2003. Т. II. № 3. С. 27–40.
32. Хоролитч Н.Г. Полуспектральная модель генерации скорости течений и уровня на шельфе взаимосвязанными полями ветра и атмосферного давления / В сб. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Вып. 10. Севастополь: МГИ и ОФ ИнБЮМ НАНУ, 2004. С. 278–290.
33. Ilyin Y.P., Belokopytov V.N., Lemeshko E.M., Stanichniy S.V. Physical oceanography studies / In: *Marine Environmental Assessment of the Black Sea*. IAEA, Vienna, Austria, 2004. P. 43–72.



Монографії, видані фахівцями Морського відділення УкрГМІ (або за їх участю) у 2004–2012 роках

34. Gubanov V.I., Ryabinin A.I., Malchenko Y.A. Petroleum hydrocarbons and suspended matter in water / In: *Marine Environmental Assessment of the Black Sea*. IAEA, Vienna, Austria, 2004. P. 176–182.
35. Yankovsky A.E., Lemeshko E.M., Ilyin Y.P. The influence of shelfbreak forcing on the alongshelf penetration of the Danube buoyant water, Black Sea. *Continental Shelf Research*. 2004. 24. P. 1083–1098.
36. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А., Репетин Л.Н. Гидрометеорологические условия Феодосийского залива. Препринт МГИ НАН Украины. Севастополь, 2004. 64 с.
37. Ильин Ю.П., Белокопытов В.Н. Сезонная и межгодовая изменчивость параметров холодного промежуточного слоя в области Севастопольского антициклонического круговорота / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Вып. 12. Севастополь: МГИ и ОФ ИнБЮМ НАНУ, 2005. С. 29–41.
38. Миньковская Р.Я., Ильин Ю.П. Вынос растворенных биогенных веществ в Черное море со стоком Килийского рукава р. Дунай / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Вып. 12. Севастополь: МГИ и ОФ ИнБЮМ НАНУ, 2005. С. 155–166.
39. Репетин Л.Н., Ильин Ю.П., Зима В.В., Долотов В.В. Экспериментальная автоматизированная система гидрометеорологических измерений и обработки данных для береговых станций / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Вып. 12. Севастополь: МГИ и ОФ ИнБЮМ НАНУ, 2005. С. 506–524.
40. Иванов В.А., Репетин Л.Н., Мальченко Ю.А. Климатические изменения гидрометеорологических и гидрохимических условий прибрежной зоны Ялты. Препринт. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. 164 с.
41. Мезенцева И.В. Загрязняющие органические вещества в верхнем слое морских донных отложений по результатам мониторинга на морской сети гидрометеорологической службы Украины / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Вып. 12. Севастополь: МГИ и ОФ ИнБЮМ НАНУ, 2005. С. 262–267.
42. Ильин Ю.П. Гидрологический режим распространения речных вод в северо-западной части Черного моря. *Наук. Праці УкрНДГМІ*. 2006. Вип. 255. С. 242–251.
43. Липченко А.Е., Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Липченко М.М. Уменьшение испарения с поверхности Черного моря во второй половине XX столетия как следствие глобальных изменений климата / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. Вып. 14. С. 457–471.
44. Ільїн Ю.П., Белокопитов В.М., Кудрявцева Г.Ф. та ін. Кліматичні умови (комплект тематичних карт) / Національний атлас України. Розділ 13: Моря та їхні ресурси. К: Картографія, 2007. С. 231–241.
45. Ильин Ю.П. Сезонные и многолетние изменения динамических высот и их уклонов на стандартных разрезах через Основное черноморское течение / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Вып. 17. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 244–257.
46. Иванов В.А., Фомин В.В. Математическое моделирование динамических процессов в зоне море–суша. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. 363 с.
47. Ільїн Ю.П., Белокопитов В.М., Долотов В.В. та ін. Розділ 3: Кліматичні умови / Океанографічний атлас Чорного та Азовського морів; наук. редкол.: С.В. Симоненко, В.М. Єремеев та ін. К.: Держгідрографія, 2009. С. 59–87.
48. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1: Азовское море. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. 402 с.
49. Ильин Ю.П., Симов В.Г., Репетин Л.Н. Проблемы и перспективы мониторинга водного баланса Черного и Азовского морей / В сб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Вып. 22. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. С. 171–181.
50. Ilyin Y.P. Climatic variability of salinity features on the Bosphorus and North-western shelves revealed from observational data. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2010. Vol. 11. No. 3. P. 993–1000.
51. Ilyin Y.P. Observed long-term changes in the Black Sea physical system and their possible environmental impacts / *Climate forcing and its impact on the Black Sea marine biota*. № 39 in CIESM workshop monographs; F. Briand (ed.). Monaco: CIESM, 2010. P. 35–44.
52. Oil spill accident in the Kerch Strait in November 2007 / Korshenko A., Ilyin Yu., Velikova V. (eds). *Black Sea Commission Publications*. Moscow: Nauka, 2011. 288 p.
53. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Черное море. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. 421 с.

54. Атлас волнения, течений и уровня Азовского моря / Под ред. В.В. Фомина. Киев: Феникс, 2012. 240 с.

55. Ильин Ю.П. Вклад региональных и глобальных факторов в межгодовую изменчивость гидрометеорологических условий прибрежной зоны Черного моря / В сб. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Вып. 26, Том 1. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. С. 117–122.

56. Ильин Ю.П. Основные факторы и классы морских гидрометеорологических условий Черноморского побережья Украины на масштабах междесятилетней и межгодовой изменчивости. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2013. Вип. 265. С. 66–77.

ГОЛОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ УКРГМІ З МОРСЬКОЇ ТЕМАТИКИ З 2014 РОКУ

57. Ильин Ю.П. Регрессионные зависимости среднегодовых показателей гидрометеорологических условий Черноморского побережья Украины. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2014. Вип. 266. С. 58–61.

58. Ильин Ю.П. Длиннопериодные колебания показателей гидрометеорологического режима Черноморского побережья Украины. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2015. Вип. 267. С. 88–95.

59. Maderich V., Ilyin Y., Lemeshko E. Seasonal and interannual variability of the water exchange in the Turkish Straits System estimated by modelling. *Mediterranean Marine Science*. 2015. Vol. 16. No. 2. P. 444–459.

60. Ільїн Ю.П. Кліматичні зміни гідрометеорологічного режиму морів України. Автореферат дис. ... доктора геогр. наук. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2016. 32 с.

61. Осадчий В.І., Фомін В.В., Ільїн Ю.П., Будак І.В., Шпиг В.М. Оперативна система прогнозу морського хвилювання у прибережній смузі Азовського та Чорного морів. Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Київ: Ніка-Центр, 2019. С. 116–121.



Директор МВ УкрГМІ у 2000–2014 роках, заступник Директора УкрГМІ з 2018 року, доктор географічних наук **Юрій ІЛЬІН**

62. Ільїн Ю.П. Океанографічні та гідрометеорологічні дослідження морів в Україні. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*. 2020. № 2 (13). С. 24–37.

63. Ilyin Y. Data time-series formation and studies of long-term trends for marine water quality indicators in the coastal zone regions of the north-western Black Sea. *Bollettino di Geofisica*. 2021. Vol. 62: IMDIS 2021 proceedings. P. 67–68.

64. Ільїн Ю.П., Берлінський М.А. Балансова модель транспорту та метаболізму розчинених форм азоту і фосфору в системі Дністровського лиману. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2022. № 29. С. 59–67.



РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Б. Іванов

Дослідно-конструкторські роботи в УкрГМІ було розпочато на початку 1960 р. у зв'язку з необхідністю забезпечення досліджень з активних впливів на хмари, з метою регулювання опадів. Основною метою цих робіт було створення літаків-метеолабораторій, а також спеціальної наземної та літакової апаратури, необхідної для дослідження атмосфери і виконання робіт по активному впливу на хмари і тумани.

У 1962 р. був створений конструкторський відділ. У 1986 р. на базі конструкторського відділу і лабораторії радіолокаційних досліджень організований відділ засобів вимірювань, що надалі реорганізований у **Відділ засобів вимірювань, метрології та стандартизації**.

Основними задачами відділу є розроблення:

- автоматизованих метеорологічних комплексів і систем відповідно до нових тенденцій ІТ технологій та вимог ВМО;
- нових засобів вимірювань для переоснащення мережі гідрометслужби;
- технічних засобів по проблемі впливів на гідрометеорологічні процеси;
- засобів вимірювань для забезпечення досліджень по фізиці хмар;
- нормативних (НД) і керівних (КД) документів для потреб гідрометслужби.

По технічним завданням, розробленим у відділі, чотири літаки Іл-14, два літаки Як-40 і літак Ан-30 були переобладнані у літаки-лабораторії, які успішно використовувалися при проведенні робіт з фізики хмар і активних впливів на хмари і тумани.

Літаки обладнані комплексом апаратури і засобами впливів, що дозволяють виконувати дослідження з фізики атмосфери хмар, а також роботи з регулювання опадів і розсіюванню туманів.

З метою проведення робіт з активних впливів у відділі розроблені:

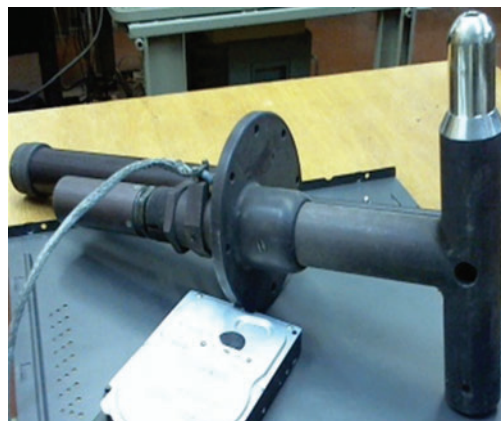
- автоматична дозуюча установка АДГ;
- диспергувальна установка ДУ;
- літаковий аерозольний генератор САГ;
- комплекс впливу аерозолем АКВА;
- комплекс впливу піропатронами з йодистим сріблом на базі АСО-2І;
- наземна установка по розсіюванню теплих туманів НУРТ.

Відділом розроблені засоби вимірювань для досліджень з фізики хмар і активних впливів, такі як:

- апаратура для визначення концентрації крапель "Фаза" і кристалів "Кристал" у хмарах;
- апаратура для визначення спектра хмарних частинок САКФ;
- апаратура для визначення концентрації ядер льодоутворення "Іній".

У відділі накопичений багаторічний досвід з дослідження атмосферного аерозолю фотоелектричними методами. Створено науковий і технологічний базис для проведення цих робіт від лабораторних установок з вимірювачем спектра розмірів та концентрації частинок субмікронних аерозолів до устаткування для літакових метеолабораторій.

У відділі також розроблена спеціальна апаратура для визначення водності і середнього розміру крапель у хмарах СІВО і вимірювач вологості М-32, що



Датчики первинних сигналів

використовуються АНТК "Антонов" при сертифікації літаків Ан-38, Ан-140 і Ан-70.

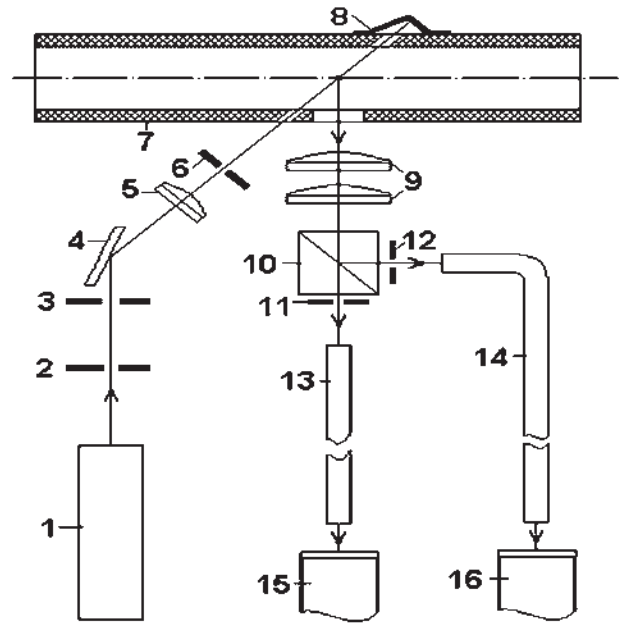
Відділом розроблена апаратура "Ескімо" для визначення типу підстильної поверхні, з борта метеорологічного супутника землі.

З метою переоснащення мережі гідрометслужби відділом розроблені:

- ваговий та радіоелектронний снігоміри;
- прилади для виміру сонячного випромінювання (актинометр, піранометр, балансомір);
- автоматизований актинометричний комплекс;
- установка для повірки актинометричних приладів.

У цей період було розроблено ряд диспергувальних установок різних типів, а також оригінальних приладів для вимірювання у хмарах (літаковий прилад для вимірювання водності хмар, електронний пульсаційний термометр з каплезахистом, апаратура вимірювання вертикальних рухів в атмосфері, прилад "Кристал" для вимірювання кристалів льоду в хмарах та ін.) У подальшому досвід створення літаків-метеолабораторій Іл-14 було успішно використано при створенні спільно з КБ А. Яковлева та О. Антонова літаків-метеолабораторій Як-40 "Метео", Ан-26Б "Погода" та авіаційного комплексу впливу аерозолем на хмари "АКВА", унікальної на той час розробки. Літаки-метеолабораторії були успішно використані в Україні в експериментальних та виробничих роботах з активних впливів на хмари, а також у роботах з ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, у яких УкрГМІ брав активну участь.

Останнім часом напрямком робіт відділу у галузі технічних розробок стала модернізація гідрометеорологічної мережі спостережень та автоматизація гідрометеорологічних вимірювань. В цей період було розроблено автоматизований актинометричний комплекс (ААК), ваговий та електронний снігоміри.

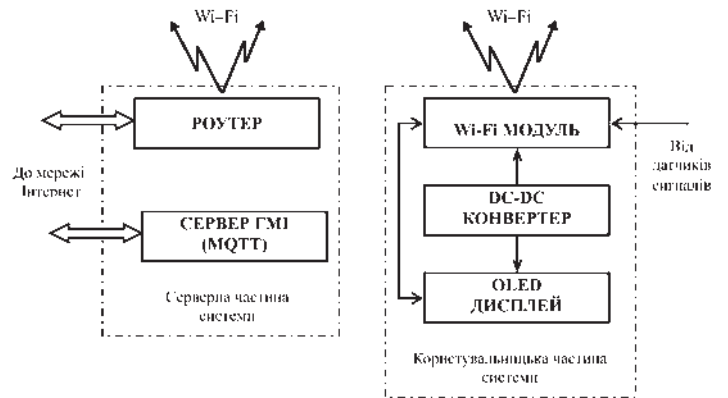


Оптична схема апаратури:

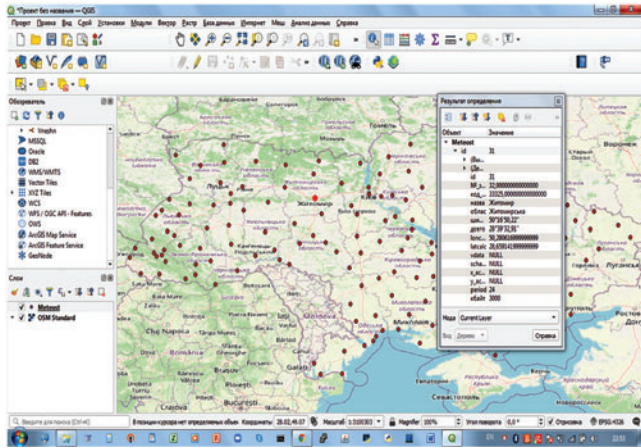
1 — ОКГ; 2, 3, 6, 11, 12 — діафрагми; 4 — дзеркало; 5 — напівциліндрична лінза; 7 — канал пробовідбірної трубки; 8 — світлова пастка; 9 — об'єктив; 10 — діляльна призма; 13, 14 — світловоди; 15, 16 — фотопомножувачі

В останні роки у відділі виконуються роботи щодо створення (модернізації) інформаційно-телекомунікаційної системи отримання, оброблення та передавання інформації для гідрометеорологічної мережі України.

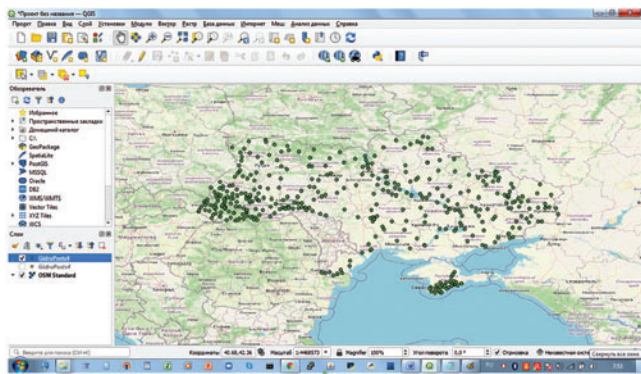
Розроблена розподілена система отримання первинних метеорологічних даних на основі модульних технологій. Розроблення системи на базі Wi-Fi із застосуванням модульних технологій відповідає сучасній тенденції розвитку інформаційних систем, які просто адаптуються до датчиків з новими властивостями та принципами роботи. Системи з персональною адресацією первинних перетворювачів на основі концепції "розумна метеомере-



Функціональна схема та користувальницька частина розподіленої системи отримання первинних метеорологічних даних



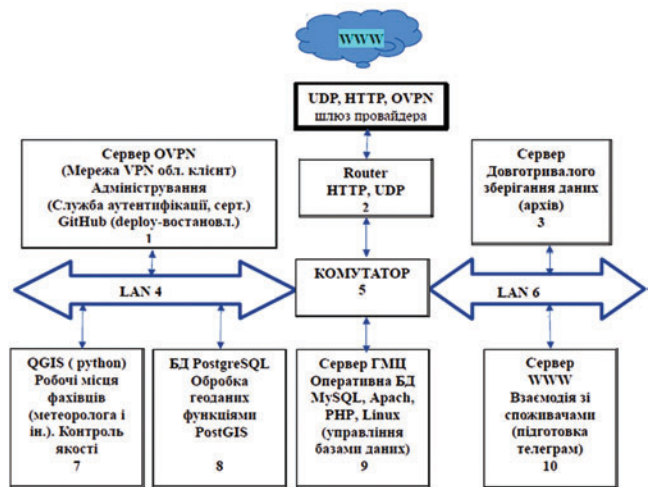
Перегляд параметрів трафіку метеостанцій на мапі QGIS



Перегляд параметрів трафіку гідрометеопостів на мапі QGIS

жа — smart meteonetwork” просто модернізувати, нарощувати і вбудовувати в мережу Інтернет, вона забезпечить індивідуальний повний доступ споживачів до будь-якого датчика з мережі Інтернет.

Розроблено Технічне завдання (ТЗ) для створення сучасної інформаційно-телекомунікаційної системи отримання, оброблення та передавання гідрометеорологічної інформації для Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ). Розроблене ТЗ дозволить вносити пропозиції Уряду України та міжнародним фінансовим організаціям



Функціональна схема інформаційно-телекомунікаційної системи УкрГМЦ

щодо фінансування пілотного проекту з аудиту стану гідрометслужби та стане основою майбутнього проекту модернізації та технічного переоснащення гідрометеорологічних організацій ДСНС України.

У теперішній час розробляється єдина база даних для бездротової розподіленої системи збору первинної метеоінформації. Це дозволить розвинути існуючу розподілену систему отримання первинних метеорологічних даних та використати її для створення сучасної інформаційно-телекомунікаційної системи отримання, оброблення та передавання гідрометеорологічної інформації в Україні.

У майбутньому передбачається подальша автоматизація гідрометеорологічної мережі України на усіх рівнях від отримання первинних даних з датчиків, їх оброблення, зберігання та надання готової продукції споживачу. Застосування нової системи забезпечить відповідність вимогам Всесвітньої метеорологічної організації (WMO), Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO), а також забезпечить якісне гідрометеорологічне обслуговування кінцевих користувачів (органів державного управління, галузей економіки, населення).



