**Слайд №2:**

З древніх часів і до нашого часу дійшли різні міфи про погоду, створені народами цивілізацій, що давно зникли. У грізних явищах природи: виверженням вулканів, спалахах блискавок, гуркотах грому, випаданні граду, смерчах - наші предки бачили безмежну владу божественних сил. Коли посуха губила урожай на обширних площах, то закликали на допомогу богів. Виникали міфи про чудеса, пов'язані з погодою. Таким чином будь-яку взаємодію з погодою люди співставляли з богами, тобто аби отримати ясний день або дощ або інше погодне явище, люди тих часів зверталися до богів та приносили їм у жертву усілякі дари. Так і з’явилися перші ритуали та перша, так би мовити, спроба управління погодою.

З часом з’явилися люди, що нібито вміли контролювати погоду та власноруч проводити обряди. Люди стали приносити жертви вже не богам, як раніше, а цим чарівникам, шаманам. Ці обранці користувалися божественними почестями і отримували багато дарів. Однак досить швидко люди зрозуміли, що єдиним захистом від негоди могли стати лише своєчасні запобіжні засоби, оскільки погоду змінити нікому не вдавалось. Тоді люди задумались про прогнозування погоди.

**Слайд №3:**

У ті далекі часи ще не існувало уявлення про відмінність між повітряною оболонкою Землі і космічним простором. Передбачається, що погоду можна передбачати по руху небесних тіл. Так виникла астрометеорологія. У древньому рабовласницькому суспільстві передбачати по зірковому небу погоду входило в обов'язки правителів і важливих людей держави. У часи Арістотеля в Єгипті жреці передбачали не тільки погоду, але яким буде урожай.

Китайський імператор, що вважався сином неба, повинен був в щорічному календарі повідомляти своєму народу про майбутні небесні події. Для нього жреці готували спеціальні прогнози погоди на рік уперед, які потім оповіщалися під назвою "імператорських". Часто траплялося так, що в цих "прогнозах" залишалися непередбаченими повені, тривалі посухи і інші несприятливі явища. Народом це сприймалося, як розмолвка між "небом" і імператором. І тоді сину "неба" нічого не залишалося, як відректися від престолу, бо його жреці погано передбачали майбутню погоду.

**Слайд №4:**

Дві з половиною тисячі років тому в грецьких містах-державах на загальний огляд виставлялись парапегми - таблиці, в яких описувалися кліматичні умови колишніх років, повідомлялося про їх особливості - бурях, туманах, грозах, зливах. Вважалося, що це може допомогти в прогнозі погоди на найближче майбутнє.

Все подальше прогнозування погоди аж до 19-го століття передбачалось по руху зірок, поведінці диких тварин, вигляду рослин. Виконувались спостереження за закономірностями і передалась до наших часів у вигляді прислів’їв, приказок, прикмет і т.д.

У деяких народів і до наших днів зберіглася віра в "сторічний календар погоди". Наприклад, в Німеччині такий календар витримав 200 видань і був перекладений на інші мови. Користуватися цим календарем було дуже просто. Треба тільки встановити, яка з планет "управляє" даним роком, а потім прочитати про майбутні події в цьому році.

**Слайд №5:**

Одна з перших організацій, яка мала займатися прогнозуванням погоди, був Метеорологічний департамент, заснований в 1854 Торговою радою Англійського королівського товариства з метою оцінки станів морських шляхів. Його очолив знаменитий офіцер Великобританського флоту, генерал-губернатор Нової Зеландії Роберт Фіцрой. Головне завдання, яке ставив собі Роберт Фіцрой, — створити прогноз погоди, який міг би рятувати тисячі життів моряків, які гинуть у штормах. Він писав: «Наші знання та прилади хоч і не знешкоджують бурю, але дають нам засоби долати її та виходити переможцями з цієї боротьби».

Фіцрой становив синоптичні карти на підставі даних із 24 телеграм, які приходили вранці до департаменту з різних куточків Британії та інших країн Європи. Він розробив методику аналізу графічних сигналів про наближення штормів. Так з'явилися погодні карти, де точки з однаковим значенням атмосферного тиску з'єднувалися лінією, і можна було побачити циклони та антициклони. А 1 серпня 1860-го в газеті Times вийшов перший синоптичний прогноз погоди, відтворений за картами, а на початку 1861 року було передано перше штормове попередження кораблям.

Але прогнози часто не виконувалися. Якість прогнозів не зростала, а Торгова рада вимагала витрачати асигнування на корисніші речі — статистичну обробку матеріалів. Згодом у газетах почали з'являтися карикатури на невдаху передвісника погоди, а рибалки бунтували проти анонсів штормових попереджень та заборон на вихід у море, які заважали їм заробляти на життя. Проте відданий своїй справі Фіцрой боровся і написав «Книгу про погоду, посібник із практичної метеорології», адресувавши її морякам, рибалкам, спостерігачам метеорологічних станцій. У ній автор виклав нову науку - основи синоптичної метеорології - і довів її незаперечну користь. Книга вийшла у 1863 році, але не отримала схвалення вчених. 1865-го Фіцрой наклав на себе руки. З його смертю у Британії перервалося складання прогнозів погоди. Відновилося там воно лише у 1879 році, коли їх складали вже у багатьох інших країнах.

**Слайд №6:**

У XIX столітті відбувся бурхливий розвиток термодинаміки та гідродинаміки. Як наслідок, прогнозування погоди також перейшло на новий математичний рівень розуміння проблеми.

Піонером у цій галузі став американський метеоролог Клівленд Еббе, перші роботи якого в галузі метеорології належать до 1873 року. У своїй основній роботі "The physical basis of long-range weather forecasting", опублікованій в 1901 році, він вперше залучив математику для вирішення завдання прогнозування погоди: "Метеорологія є додатком до атмосфери законів гідродинаміки та термодинаміки". Моделей для прогнозування ще не було, але перший крок у цьому напрямі було зроблено. Еббе закликав своїх колег: «Погляньте на завдання прогнозування серйозно та розробляйте графічні, аналітичні та чисельні методи її вирішення».

Відразу після, а саме в 1904 році була опублікована робота норвезького метеоролога Вільгельма Б'єркнеса "The problem of weather forecasting as a problem in mechanics and physics". У своїй роботі норвежець пішов далі за свого попередника і зробив точну постановку завдання прогнозування погоди, розділивши її на два кроки:

* Крок діагностування поточного стану погоди.
* Крок прогнозування погоди на проміжок часу вперед.

Беркенс був першим, хто виділив 7 основних змінних, що описують стан атмосфери: тиск, температура, щільність, вологість та три компоненти швидкості повітряних потоків. Він розробив і першу систему рівнянь, рішення якої дає прогноз погоди. Система включала одне рівняння для кожної залежної змінної, що описує атмосферу: три гідродинамічні рівняння руху, рівняння безперервності, рівняння стану, рівняння, що виражають перший і другий закон термодинаміки.

**Слайд №7:**

Ідея Річардсона про прогноз погоди

Справжнім новатором та натхненником всіх наступних поколінь метеорологів став Льюїс Фрай Річардсон, який перший застосував чисельні методи для інтегрування системи рівнянь Беркенса. Він докладно описав свій досвід метеорологічних досліджень у роботі "Weather Prediction by Numerical Process", опублікованій у 1922 році.

Парадоксально, але і головною заслугою, і головною помилкою Річардсона став один чисельний розрахунок прогнозу зміни тиску в конкретній точці Європи, який він привів у своїй книзі. З одного боку, цей приклад став першим математичним прикладом розрахунку прогнозу погоди. З іншого боку, цей приклад розрахунку мав абсолютно абсурдний результат. За розрахунками вченого, зміна тиску через 6 годин мала становити 14.5 кПа, що є абсурдною величиною.

Розрахунок його був вірним, помилка полягала у некоректності початкових умов. Перелік початкових умов, що послідував через роки, показав, що запропонований Річардсоном алгоритм є коректним.

Цей знаменитий приклад залучив на його бік амбітних математиків, і він відштовхнув від його робіт усіх, хто сумнівається. Потрібно було десятиліття, перш ніж відбулася перша комплексна реалізація математичної моделі Річардсона.

Також Річардсон у своїй роботі висунув припущення стосовно майбутніх прогнозів погоди, а саме описав роботу, так званої, “фабрики прогнозів”. Якщо коротко, то це великий зал, схожий на глядатський зал театру. Стіни цього залу розписані таким чином, щоб представити поверхню Землі. Над розрахунком погоди на кожній точці землі працюють міріади обчислювачів, простіше кажучи - комп'ютери. На підлозі стоїть величезна колона, заввишки половиною всього залу, на її вершині розташована кафедра. На цій кафедрі сидить людина, яка керує всім театром, вона оточена численними помічниками та посланцями. Головний його обов'язок полягає в тому, щоб підтримати постійну швидкість розрахунків.

**Слайд №8:**

Розвиток моделей прогнозування в середині XX ст.

Після досягнень науки в галузі чисельних методів, винаходів перших електронних обчислювачів (комп'ютерів), а також винаходів радіозонду до ідей Річардсона повернулися. Повернувся до них знаменитий математик Джон фон Нейман разом із Джулом Чарні в рамках проекту Electronic Computer Project на базі Прінстонського університету у 1946 році.

У рамках проекту одним із вирішуваних завдань стало завдання прогнозування погоди, якою керував Джул Чарні. В результаті робіт, виконаних на замовлення ВМФ США, було розроблено Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). На цій машині і здійснився перший математичний прогноз погоди в 1950 році.

У рамках реалізації моделі Річардсона виникли, звичайно, складності та додаткові обмеження, проте група фахівців під керівництвом Чарні зуміла подолати математичні складності та домогтися від нової системи адекватних результатів. Результати робіт Чарні публікувалися з 1947 по 1955 року і стали основою подальшого розвитку математичного моделювання стану атмосфери.

Після успіхів прінстонської групи німецькі метеорологи включилися до наукових досліджень. Зокрема 1951-го Карл-Хайнс Хінкельманн опублікував роботу, в якій детально розбирав ті обмеження, які виявив Чарні, і знайшов ефективне рішення за допомогою інтеграції, так званих, примітивних рівнянь. Успішне використання результатів його було здійснено з урахуванням Метеорологічної служби Німеччини 1966 року.

**Слайд №9:**

Далі, 1956 року вийшла робота Філіпса, присвячена глобальним циркуляційним моделям атмосфери. У цих моделях вся поверхня землі ділилася на прямокутники (горизонтальна сітка) і мала вертикальний розмір, який найчастіше задається абсолютним або відносним тиском. Усі розрахунки у цій моделі базувалися на моделі Річардсона.

Розроблені Філліпсом циркуляційні моделі стали величезним етапом у розвитку метеорології. З того часу такі моделі багаторазово ускладнилися і збільшилися. На сьогоднішній день вони є основою для формування короткострокового і довгострокового прогнозу погоди.

**Слайд №10:**

Сучасні системи прогнозування погоди

На сьогоднішній день прогнозування погоди вийшло геть на новий рівень порівняно з 19-им – 20-им століттями.

Сучасні прогнози погоди можна умовно поділити:

* за термінами (надкороткострокові, короткострокові, середньострокові та інші);
* щодо охоплення території: місцеві, регіональні, національні, світові (глобальні);
* за призначенням: загального користування, авіаційні, морські, річкові та сільськогосподарські.

Прогноз погоди можуть робити за допомогою:

* аналізу синоптичної карти погоди - географічної карти, на якій у вигляді цифр та символів зображені результати спостережень метеорологічних станцій у певні моменти часу;
* чисельних методів прогнозу погоди - комп'ютерної математичної моделі атмосфери, яка побудована на базі системи рівнянь гідродинаміки та поточних даних погоди;
* статистичних методів - збирання статистичних метеоданих, виходячи з припущення, що в майбутньому погода повториться. Цей метод доповнює чисельний.

Сьогодні майже у всіх країнах існують регіональні національні метеослужби. Укргідрометцентр для України, Метеофранс для Франції, Оффенбах для Німеччини і т.д. Туди стікаються метеодані про стан атмосфери для подальших розрахунків прогнозів погоди. Усі національні метеослужби обмінюються інформацією зі Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО), членами якої є 193 держави, серед яких є Україна, та 6 територій.

**Слайд №11:**

Щоб передбачити погоду, потрібно знати «поточні умови», тобто те, яка вона зараз. До основних параметрів відносяться: температура, атмосферний тиск, вологість, швидкість та напрям вітру, опади та їх кількість.

Сучасний прогноз погоди ґрунтується насамперед на даних супутників, а метеостанції, зонди та радари коригують і безперервно доповнюють їх. Водночас усі ці джерела створюють повноцінну картину того, що відбувається в атмосфері.

**Метеостанції**

Метеостанції – спеціальні майданчики, де безперервно проводяться метеорологічні виміри погоди та клімату. На станціях встановлені прилади для метеозамірів: термометр, гігрометр, барометр, осадкомір та інші пристрої. Вони однакові в усьому світі. Для точності метеорологи роблять виміри регулярно і синхронно через кожні 3 години.

Наземні метеостанції бувають різні: величезні щогли в полях, буйки, що плавають у морі, кулясті радари. Частина станцій розташована у вигляді автономних пристроїв у важкодоступних місцях, таких як гори та моря.

Метеостанції мають недоліки: вони збирають дані тільки біля себе, розташовані далеко один від одного і не знають кількість опадів.

**Слайд №12:**

**Метеозонди**

Метеозонди - безпілотні аеростати. Зонд виглядає як наповнена гелієм гумова або пластикова куля, до якої кріпиться контейнер з апаратурою - датчиками для вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску, а також батарейки та антени, за допомогою якої ці дані передаються.

Важить один метеозонд приблизно 300 грамів та піднімається на висоту 30–40 кілометрів. Зонди одноразові: набираючи висоту, куля лопається від надмірного тиску. Пінопластовий контейнер падає на землю і повторно не використовується.

Метеозонди запускають у 870 точках Землі двічі на день, зазвичай о 00 та 12 годині по UTC.

**Слайд №13:**

**Метеорологічні радари**

Метеорологічні радари - спеціалізовані радари для визначення координат випадання опадів, їх типу, напряму руху та інтенсивності. Вони виявляють небезпечні метеоумови, такі як гроза, град, а також зони інтенсивних опадів та турбулентності.

Сучасні радари кожні 10 хвилин роблять тривимірний знімок атмосфери в радіусі 200-250 км навколо себе. Це дозволяє описати погоду аж до мікрорайону. Але тут постає перша проблема: для точного глобального прогнозу їх має бути багато. Інша проблема – зона видимості радарів. Висотні будівлі можуть загороджувати огляд, створюючи сліпі зони, а низькі опади виявляються невидимими через кривизну планети.

**Слайд №14:**

**Метеосупутники**

Метеосупутники — штучні супутники Землі, їх використовують для перегляду та збору даних про погоду та клімат планети. Вони дозволяють спостерігати за погодою на великих територіях, подібно до того, як вид з даху або вершини гори дає ширший огляд.

Метеосупутники визначають зони інтенсивних опадів та небезпечних явищ природи. Супутники відстежують викиди від вулканів та дим від лісових пожеж, наслідки забруднень, піщані та запилені бурі, а також межі океанських течій.

**Слайд №15:**

Весь потік погодних даних від метеостанцій, зондів, радарів, супутників, датчиків на літаках та кораблях надходить до центрів обробки метеорологічної інформації — вони є у кожній національній метеослужбі. Такі центри оснащені суперкомп'ютерами. Менш потужні машини були б не здатні обробити таку кількість даних у прийнятний термін.

Отримані результати синоптики аналізують та становлять остаточний прогноз. Машина рахує конкретні характеристики, а узагальнити їх може лише людина. Синоптики роблять прогнози там, де є відповідальність і технології не здатні передбачити деякі погодні явища на місцевості, такі як туман і ожеледиця.

**Слайд №16:**

Моделі прогнозування

Синоптики виділяють два основні типи моделей: глобальні та локальні.

Глобальні моделі

Ці моделі обраховують усю атмосферу Землі чи півкулі. Враховують великі погодні системи, які можуть сягати по всьому континенту — холодні фронти та сильні шторми.

Існує кілька глобальних моделей: американська модель (GFS), європейська модель (ECMWF), німецька (ICON), англійська (UKMet), канадська (СМС), японська (JMA) та інші. Синоптики використовують здебільшого американську та європейську.

**Слайд №17:**

**Американська модель (GFS).**

Глобальна система прогнозів (GFS) — це модель прогнозу погоди Національного центру прогнозування навколишнього середовища (NCEP), яка генерує дані для десятків змінних атмосфери, суші та ґрунту, включаючи температури, вітри, опади, вологість ґрунту та концентрацію озону в атмосфері. Система поєднує чотири окремі моделі (атмосферу, модель океану, модель землі/ґрунту та морський лід), які працюють разом, щоб точно відобразити погодні умови. Модель постійно розвивається та регулярно коригується для підвищення ефективності та точності прогнозу. GFS — це глобальна модель із базовою горизонтальною роздільною здатністю 18 миль (28 кілометрів) між точками сітки. Часова роздільна здатність охоплює аналіз і прогнози до 16 днів. Горизонтальна роздільна здатність падає до 44 миль (70 кілометрів) між точками сітки для прогнозів від одного до двох тижнів.

**Слайд №18:**

**Європейська модель (ECMWF)**

Названа на честь операційного агентства у Європі в результаті партнерства між 34 різними країнами. Вона робить прогнози на 10 днів уперед. Запускається двічі на день: о 00 та 12 годині по UTC. Через складність рахує прогноз цілих 6 годин.

ECMWF використовує найсучаснішу циркуляційну модель із найскладнішим тлумаченням фізичних процесів. Роздільна здатність моделі 25 на 25 км, вона має 91 рівень по вертикалі. Початкові умови для розрахунку готує чотири розмірна схема асиміляції, яка використовує дані з супутників.

Апаратна частина ECMWF надана компанією IBM та називається High Performance Computing Facility (HPCF). HPCF включає два однакові кластери p690+. Кожен кластер складається з 68 серверів, кожен із яких має 32 CPU із частотою 1.9 GHz. Пікова продуктивність складає 16.5 терафлопс на кожен кластер.

**Слайд №19:**

\*Демонстрація двох моделей\*

**Слайд №20:**

**Локальні моделі**

Глобальні моделі звичайно корисні, але часто на невеликому квадраті неможливо адекватно передбачити погоду через гори, водоймища або снігові покриви, які впливають на зміну погодних даних. Тоді рятують локальні моделі - вони з високою точністю моделюють окрему область, країну чи місто.

Найпопулярніша серед локальних моделей - модель WRF (Weather Research and Forecasting). Застосовується для всіх країн світу і може враховувати місцеву географію та топографію.

Модель дослідження та прогнозування погоди (WRF) — це сучасна мезомасштабна система чисельного прогнозування погоди, розроблена як для досліджень атмосфери, так і для операційного прогнозування. Вона має два динамічних ядра, систему асиміляції даних і програмну архітектуру, що підтримує паралельні обчислення та розширюваність системи. Модель служить для широкого спектру метеорологічних застосувань у масштабах від десятків метрів до тисяч кілометрів.

**Слайд №21:**

**Ансамблеві прогнози**

Усі математичні моделі прогнозування погоди мають обмежені можливості. Вони не можуть розрахувати метеорологічні параметри в кожній точці простору в кожний момент часу. Такі фізичні процеси, як тумани та ожеледиця, в силу локальності та складності природи, важко описати за допомогою математики. Додаткові параметри про поточний стан погоди не можуть бути абсолютно точними.

Тому з'явилися сучасні методи прогнозування – «ансамблеві». Розрахунок прогнозу запускається не один, а кілька разів, зі злегка різними вхідними даними.

Ансамблеві прогнози дозволяють розрахувати ймовірність явища. Наприклад, ймовірність опадів становить 80%. Це означає, що із 50 членів ансамблю 40 (абсолютна більшість) прогнозують дощ. Водночас є 10 членів, які виключають опади.