

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання практичних
робіт з дисципліни

ПАЛЕОКЛІМАТОЛОГІЯ
Спеціальність – *«Кліматологія»*

«Узгоджено»

Декан МАП

Боровська Г.О.

Затверджено
на засіданні каф. Фізики атмосфери
та кліматології

Протокол №__ від «__»_____ 2014р.

Зав. кафедрою

проф. Степаненко С.М. _____

Одеса 2014

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання практичних
робіт з дисципліни

ПАЛЕОКЛІМАТОЛОГІЯ
Спеціальність – *«Кліматологія»*

Одеса 2014

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання практичних
робіт з дисципліни

ПАЛЕОКЛІМАТОЛОГІЯ
Спеціальність – *«Кліматологія»*

Узгоджено
на факультеті Магістерської
та аспірантської підготовки

Одеса 2014

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконанні практичних робіт при вивченні дисципліни „Палеокліматологія” денної форми навчання освітньо-кваліфікаційний рівень підготовки –«магістр» за спеціальністю “Кліматологія”, / Данова Т.Є., Прокоф’єв О.М. – Одеса, ОДЕКУ, 2014. – 46с.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	4
1.1 Передмова.....	4
1.2 Зміст дисципліни «Палеокліматологія».....	4
1.3 Перелік навчальної літератури.....	5
1.4 Перелік знань та вмінь студента.....	5
2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА	7
2.1 Загальні поради.....	7
2.2 Повчання по вивченню теоретичної частини курсу.....	7
2.2.1 Повчання по вивченню теми 1: «Палеокліматичні реконструкції по льодяних кернях».....	7
2.2.2 Повчання по вивченню теми 2: «Палеокліматична інформація з біологічного матеріалу океанічних відкладів».....	10
2.2.3 Повчання по вивченню теми 3: «Палеокліматична інформація з неорганічного матеріалу океанічних відкладів».....	13
2.2.4 Повчання по вивченню теми 4: «Геологічні та біологічні свідчення щодо змін клімату».....	15
2.2.5 Повчання по вивченню теми 5: «Базові принципи дендрохронології та дендрокліматології. Дендрокліматичні реконструкції».....	22
2.3 Повчання по виконанню практичної частини курсу.....	26
3 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ	32
3.1 Методика оцінки всіх видів підготовки студентів.....	32
3.2 Перелік базових знань та вмінь.....	33
ДОДАТКИ	35
Додаток А.....	35

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Передмова

Палеокліматологія – це наука про механізми формування динаміки змін клімату у минулому.

Зміст дисципліни «Палеокліматологія» є базовою основою для підготовки фахівців (магістрів) у галузі кліматології; розуміння кліматичних змін, які відбуваються в даний час, складання прогнозів, сценаріїв зміни клімату в майбутньому.

Формування практичних навичок роботи в ході виконання практичних занять дозволить магістрам надалі орієнтуватися у виборі методів і засобів вимірювань у відповідності зі стандартами (технічними регламентами) та поставленими дослідницькими завданнями на сучасному обладнанні, здійснювати літературний та патентний пошук, знаходити необхідну професійну інформацію в банках і базах даних; професійно оформляти, представляти та доповідати результати виконаної роботи в процесі підготовки до семінарських занять, написання рефератів.

Навчальна дисципліна «Палеокліматологія» належить до професійно-орієнтованого циклу дисциплін підготовки фахівців зі спеціальності 8.070601 «кліматологія».

Метою дисципліни є підготовка фахівців, які володіють системою сучасних теоретичних уявлень про механізми формування, динаміку зміни клімату в минулому, експериментальними методами вилучення кліматичної інформації з різних природних архівів.

Кількість навчальних годин визначається освітньо-професійною програмою.

1.2 Зміст дисципліни «Палеокліматологія»

Вступ. Методи датування.

Тема 1. Палеокліматичні реконструкції по льодяних кернах.

Тема 2. Палеокліматична інформація з біологічного матеріалу океанічних відкладів.

Тема 3. Палеокліматична інформація з неорганічного матеріалу океанічних відкладів.

Тема 4. Геологічні та біологічні свідчення щодо змін клімату.

Тема 5. Базові принципи дендрохронології та дендрокліматології. Дендрокліматичні реконструкції.

1.3 Перелік навчальної літератури

1 Основна

1. Данова Т.Є., Прокоф'єв О.М. Конспект лекцій з дисципліни «Палеокліматологія». Одеса, ОДЕКУ, 2013 – 67с.

2 Додаткова

1. Ваганов Е.А., Шашкин А.В., Свицерская И.В. Сезонный рост и формирование годичных колец: кинетический подход и имитационное моделирование // Биофизика клеточных популяций и надорганизменных систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992.-С.140-150.
2. Ваганов Е.А., Шашкин А.В., Свицерская И.В., Высоцкая Л.Г. Гиисто-метрический анализ роста древесных растений.– Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1985.-100с.
3. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике.-Новосибирск, Наука, Сиб. изд. РАН. – 1996. -324 с.
4. Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2000. 240 с.
5. Елина Г.А., Лукашов А.Д., Токарев П.Н. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны Фенноскандии. С-Петербург, Наука, 2005. 112 с.
6. Либби В. Ф. Определение возраста по радиоуглероду. // Изотопы в геологии. М.: Геоиздат, 1954.
7. Учебное пособие по Палеоклиматологии Сибирского федерального университета. Красноярск, 2007. 127 с.
8. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария. М.-Л., 1957. 334 с.

1.4 Перелік знань та вмінь студента

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати:

- методи датування;
- льодяні керни та методи їх отримання;
- палеокліматичні реконструкції по льодяних кернах Антарктиди та Гренландії;
- льодяні керни з низьких широт Землі;
- палеокліматична інформація з біологічного матеріалу океанічних відкладів;
- ізотопні дані, як індикатор змін рівня океану;
- реєстрацію минулого клімату в коралах;
- геологічні свідчення змін клімату;

- прикладне використання методу споро-пилкового аналізу;
- базові принципи дендрохронології та дендрокліматології;
- дендрокліматичні реконструкції термічного режиму та ін.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

- вибирати методи і засоби вимірювання у відповідності зі стандартами (технічними регламентами) та поставленими дослідницькими завданнями;
- знаходити необхідну професійну інформацію в банках і базах даних;
- проводити обробку даних палеорекострукції температури повітря.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

2.1 Загальні поради

Студент вивчає тему та відповідає на контрольні запитання. При виникненні запитань студент звертається до викладача. Після чого приступає до виконання практичного завдання. Під час аудиторних практичних занять викладач проводить усне опитування з нижче наведених тем.

Метою даних методичних вказівок є допомога студенту при самостійному вивченні дисципліни та підготовці до практичних робіт.

Для самостійного вивчення дисципліни рекомендовано користуватися навчальною літературою, яка є в бібліотеці університету та на кафедрі фізики атмосфери та кліматології. Поточна та підсумкова оцінка рівня знань студентів здійснюється за модульною системою. Теми теоретичної частини методичних вказівок відповідають розділам робочої програми.

2.2 Повчання по вивченню теоретичної частини курсу

2.2.1 Повчання по вивченню теми 1: «Палеокліматичні реконструкції по льодяних кернах»

ЛІТЕРАТУРА [1: С. 12-18]

У результаті засвоєння теми студенти повинні знати:

- методи палеокліматичних реконструкцій по льодяним кернам;
- вміст газів в атмосфері землі за даними полярних льодяних кернів;
- відображення вулканічної активності у льодяних кернах;
- вплив змін температури нижніх шарів води на ізотопний склад донних форамініфер.

Палеокліматичні реконструкції по льодяних кернах Антарктиди та Гренландії

В центральних зонах крупних льодовикових щитів температура повітря протягом всього року зберігається від'ємною. Це зумовлено тим фактом, що танення в цих областях відсутнє. Тут відбувається лише накопичення випадаючого снігу або намерзаючих опадів з подальшим їх осіданням і рекристалізацією, що призводить до перетворення снігу на фірн, а потім, на глибині 50-150 м від поверхні – на лід.

Пробуривши льодовиковий щит, можна прослідити в колонці льоду річні шари, що добре збереглися, чітко відокремлювані один від одного по літніх та зимових відкладах, які розрізняються за структурою, щільністю

та запиленістю. В першу чергу у витягнутому зі свердловини льодяному керні визначається вміст стабільних ізотопів ^2H і ^{18}O по відношенню до найпоширеніших ізотопів H та ^{16}O . Відношення $^2\text{H}/\text{H}$ та $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ виражається величинами δ в тисячних частках (‰) порівняно зі “стандартом середньої океанічної води” (SMOW). Ці величини характеризують кліматичні умови випадання опадів, що сформували досліджуваний шар льодовикового льоду. Чим нижча температура утворення опадів, тим менші значення цих показників, і навпаки. Збільшення висоти випадання опадів та відстані від джерела вологи до місця їх випадання сприяє зменшенню значень $\delta^2\text{H}$ (або D) та $\delta^{18}\text{O}$.

Палеоклімат по льодяних кернях Антарктиди.

В Східній Антарктиді зниження відносного вмісту ізотопу $\delta^{18}\text{O}$ на 1 ‰ відповідає похолоданню на $1,5^\circ\text{C}$, а зменшення D на 6 ‰ – зниженню температури на 1°C . Використовуючи ці співвідношення, ізотопну криву легко перетворити на температурну.

Порівняння ізотопних кривих $\delta^2\text{H}$ та $\delta^{18}\text{O}$ для кернів з різних свердловин показало хорошу кореляцію між цими показниками; вони корелюють і з температурами поверхневих вод океану, реконструйованими за складом фауни в донних відкладах, і з температурами в Європі за даними спорово-пилкових аналізів та геоморфологічних досліджень реліктів перигляціальних явищ.

Палеоклімат по льодяних кернях Гренландії.

Найвідомішими свердловинами, пробуреними за останню чверть XX століття, є свердловини в Гренландії – GRIP та GISP2.

За даними льодяних кернів Гренландії: 5 тис. років тому температури були на рівні сучасних, а потім настало деяке похолодання, ускладнене рядом додатних осциляцій. Починаючи з 2500 років до н.е. і аж до п'ятого століття нової ери, епоха була вкрай теплою, з рядом незначних похолодань в районі 2000 р. до н.е., 1500 р. до н.е. і так далі, причому, в цей час температура практично не опускалася нижче за сучасну, а в цілому було навіть тепліше ніж зараз.

Вміст газів в атмосфері землі за даними полярних льодяних кернів

Льодяні керни є надзвичайно важливими архівами даних щодо складу атмосфери. Частково вони містять інформацію, наскільки змінювалися співвідношення таких важливих газів як діоксид вуглецю, метан, закис азоту в атмосфері в недавньому і дуже далекому минулому. Також льодяні керни забезпечують інформацією про характеристики повітряних мас як історичних свідоків про виверження вулканів та зміни у вмісті атмосферного пилу, які значно вплинули на глобальний енергетичний баланс.

Льодяні керни дають можливість перенести дані коротких інструментальних записів на тривалі шкали в доіндустріальне минуле з метою виявлення антропогенного ефекту на глобальній шкалі.

Концентрації CO_2 і CH_4 в Антарктичних льодяних кернах за останні 150-250 років свідчать про драматичне збільшення “парникових газів” за останні 200-300 років в порівнянні з тим, що було відображено в даних за період останніх 220 000 років.

Найважливішим результатом, отриманим по кернах зі станції Восток, є доказ того, що атмосферний склад не завжди залишався постійним за час льодовикового – міжльодовикового циклів.

Вулканічні зміни

При виверженні вулканів викидається велика кількість газів з вмістом сірки та хлору, які в атмосфері перетворюються на кислоти та можуть мігрувати на значні відстані від місць виверження. Коли ці кислоти випадають в районах високих широт, утворюючи кислотні снігові опади, вони забезпечують високі рівні електричної провідності, які імовірно можна ідентифікувати за наявністю стрибків кислотності.

Зміни провідності, спричинені вулканічною діяльністю, зараз вивчаються достатньо інтенсивно в кернах Гренландії, Антарктики та ін., часто використовуючи іонний аналіз для точного визначення хімії стрибка кислотності. Хімічний аналіз дає можливість точно виконати “дактилоскопію” цих вивержень, які породили велику кількість HCl або HF раніше ніж H_2SO_4 .

Кореляції між льодяними кернами Антарктиди та Гренландії

Абсолютні хронології достатньо неоднозначні, через що їх складно порівнювати для різних регіонів. Існує декілька підходів для таких порівнянь. Один з них це – порівняння ^{10}Be “стрибків”, які були зафіксовані в кернах з різних станцій (Антарктики та Гренландії) і дозволили визначити прямі кореляційні зв'язки між цими даними.

Оскільки час перемішування атмосфери достатньо короткий (1-2 роки), і зміни у вмісті газу повинні відбуватися достатньо синхронно за напрямом Арктика – Антарктика, то часовий запис повинен бути в паралелі.

Порівняння хронологій зі станції Восток та GISP2, де використовували зміни $\delta^{18}\text{O}$ в газових пухирцях льоду, показали достатньо вагомі відмінності в частоті змін $\delta^{18}\text{O}$ атмосфери та $\delta^{18}\text{O}$ льоду, але достатньо високу узгодженість для різних хронологій.

Кореляції між льодяними кернами та морськими донними відкладами

Оскільки в змінах ізотопного складу океану завдяки континентальному льоду зростає ефект атмосферного $\delta^{18}\text{O}$, зміни ^{18}O в морських відкладах і льодяних кернах мають загальний чинник, який можна використати для відгуку як тих, так і інших даних.

Температури нижніх шарів води змінювалися за весь час льодовикового – міжльодовикового періоду, і такі зміни впливали на ізотопний склад донних форамініфер.

Льодяні керни з районів низьких широт Землі

Льодяні шапки зустрічаються на великих висотах і навіть в районі екватора. Льодяні керни з великих висот забезпечують безцінною інформацією про умови навколишнього середовища у минулому, що доповнює та розширює аналогічні дані, отримані для полярних регіонів. До 1998 року з шести ділянок були зібрані льодяні керни для корінних підстильних порід в Перу, Болівії, Тибеті та західному Китаї. В більшості випадків льодяні керни охоплюють короткий часовий період, проте, також забезпечують дуже важливу інформацією.

Через високу швидкість накопичення льодяних шапок у горах, льодяні керни з великих висот забезпечують записами високого розподілення про недавнє минуле.

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ:

- 1 Чим зумовлене зберігання від'ємної температури в центральних зонах крупних льодовикових щитів?*
- 2 Яку інформацію містять льодяні керни з Полярних районів?*
- 3 Які існують підходи для порівняння абсолютних хронологій?*
- 4 Яку інформацію містять льодяні керни з районів низьких широт Землі?*

2.2.2 Повчання по вивченню теми 2: «Палеокліматична інформація з біологічного матеріалу океанічних відкладів»

ЛІТЕРАТУРА [1: С. 19-23]

У результаті засвоєння теми студенти повинні знати:

- процес, що лежить в основі аналізу ізотопів кисню при перевірці морської мікрофауни на вміст вапна;
- стратиграфію ізотопного складу морських відкладів;
- ізотопні дані як індикатор змін рівня океану;
- палеотемператури з даних алкенів.

Аналіз ізотопу кисню в реконструкції морської фауни: вміст ізотопу
кисню в океанічній воді, стратиграфія ізотопного складу
морських відкладів

Оскільки карбонат кальцію кристалізується у воді достатньо повільно, то ^{18}O сконцентрований в карбонаті кальцію менше ніж у воді. Цей процес залежить від температури, зі слабшаючим ефектом концентрації при збільшенні температури. Це є основою для дуже важливого розділу в палеокліматичних дослідженнях – аналізу ізотопів кисню при перевірці морської мікрофауни на вміст вапна. Вперше цей підхід запропонував Урсей.

Вміст ізотопу кисню в океанічній воді.

Вміст ізотопів кисню у зразку зазвичай виражається як відношення $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ з довільного стандарту. Отримані значення виражаються в проміле (‰), від'ємні значення означають більш низькі значення зразку, додатні – більш високі значення.

Стратиграфія ізотопного складу морських відкладів.

Аналіз ізотопів кисню проводився на кернах для більшості важливих областей з вапняними відкладами по всьому світу і у багатьох випадках досліджувалися як планктонні, так і бентосні види. Основним значним висновком, виходячи з цих досліджень, було те, що у всіх областях ізотопні ($\delta^{18}\text{O}$) варіації схожі. Це ґрунтується на тому, що первинний $\delta^{18}\text{O}$ сигнал фіксувався в значенні зміни льоду на континенті, також супутні зміни фіксувалися в ізотопному складі океану. Насправді, такі зміни також є результатом вмісту $\delta^{18}\text{O}$ в атмосфері і фіксувалися в повітряних пухирцях льодяних кернів. Оскільки час перемішування океанів відносно короткий (10 років), цей феномен на рівні глобальної шкали відбувається в результаті одночасних ізотопних коливань в даних відкладах. Що дає можливість визначати кореляційні зв'язки між кернами, що знаходяться на відстані один від одного на тисячі кілометрів.

Ізотопні дані як індикатор змін рівня океану

Загальний сигнал $\delta^{18}\text{O}$ в бентосі пов'язаний зі зміною ізотопного складу океану під впливом зміни об'єму континентального льоду. Якщо на континенті льодяний покрив зростає, то $\delta^{18}\text{O}$ океану збільшувалося, і рівень світового океану падав. Тому повинні бути певні зв'язки між $\delta^{18}\text{O}$ в бентосі, об'ємі континентального льоду та зміні рівня океану.

Дослідження відносного багатства видів біоти: Атлантичний океан,
Тихий океан, Індійський океан

Можливість реконструкції палеоклімату з використанням відносного видового багатства або скупчення видів в кернах океанічних відкладів була

вперше запропонована Шотом. Він визнав, що зміни в числі *Globorotalia menardii* (форамініфера, мешканець субтропічних і екваторіальних вод) показує попеременно холодні і теплі інтервали у минулому. Ruddiman виділив часові серії пропорції всіх теплолюбних та холодостійких водних видів для отримання якісної палеотемпературної оцінки, яка показала гарні кореляційні зв'язки з палеогляційними кривими ізотопу кисню. Основний підхід у всіх дослідженнях полягає в тому, щоб вивірити видовий склад сучасних зразків (верхня частина керна) для сучасних параметрів навколишнього середовища (таких як температури поверхні моря в лютому та серпні).

Північний Атлантичний океан. Розташовуючись між найбільшими льодяними щитами північної півкулі, Північний Атлантичний океан зазнавав найзначніших температурних змін у всіх районах. 18 тис. років до н.е. серпнева температура поверхні води була більш ніж на $10,0^{\circ}\text{C}$ нижча і гранична зона була від $40-45^{\circ}$ до $45-50^{\circ}$ півн.ш. на сході. Лютневі температури були нижчі для узбережжя Північної Америки ($T_{\text{сер}}=3,0\sim 5,0^{\circ}\text{C}$), але на сході Північної Атлантики температури були на $6,0-12,0^{\circ}\text{C}$ нижчі, ніж теперішні в області, що протягнулася від Скандинавії до Португалії.

Тихий океан. Відмінності в серпневих температурах морської поверхні максимізувались в субарктичній та екваторіальній зонах. В області навкруг Японії температури були більш ніж на $8,0^{\circ}\text{C}$ нижчі завдяки південному зсуву теплих мас у той час і їх переміщенню субарктичною течією. Менш виражені температурні депресії відбувалися в Затоці Аляска і південніше уздовж Каліфорнійського узбережжя ($T_{\text{сер}}=2,0\sim 4,0^{\circ}\text{C}$). В екваторіальних районах в прикордонній смугі температури були нижчі на $2,0\sim 4,0^{\circ}\text{C}$, що можливо було пов'язано з більш сильною адвекцією холодних вод в північних та південних екваторіальних течіях через посилене перемішування повітряних мас.

Індійський океан. Аномалії серпневої температури поверхні води мають незначні відмінності між минулим і теперішнім часом. В стороні від областей, пов'язаних із західними й східними прикордонними течіями, зовні західного узбережжя Австралії та південно-східної Африки більшість областей у 18 000р. до н.е. були в межах $1,0\sim 2,0^{\circ}\text{C}$ сучасних значень температур.

Палеотемператури з даних алкенів

Відомий морський фітопланктон класу *Prymnesiophyceae*, більш знаний як коколітофорид *Emiliania huxleyi*, реагує на температуру води, змінюючи молекулярний склад своєї клітинної мембрани. Так при зниженні температури вони збільшують продукцію ненасичених алкенів (кетону).

Важливість таких органічних біомаркерів в тому, що вони дуже мало руйнуються в морських відкладах, а також на них не впливають зміни солоності або ізотопного складу океану. Таким чином, вони забезпечують важливе доповнення до досліджень температурного режиму морів у минулому з допомогою $\delta^{18}\text{O}$ та вивчення фауністичного складу.

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ:

- 1 *Вміст ізотопу кисню в океанічній воді?*
- 2 *Зв'язки між зміною рівня океану і $\delta^{18}\text{O}$?*
- 3 *Як знаходиться температурно залежний індекс ненасиченості U_{37}^{K} ?*
- 4 *В чому полягає важливість органічних біомаркерів?*

2.2.3 Повчання по вивченню теми 3: «Палеокліматична інформація з неорганічного матеріалу океанічних відкладів»

ЛІТЕРАТУРА [1: С. 24-29]

В результаті засвоєння теми студенти повинні знати:

- від чого залежить швидкість росту коралів;
- реєстрацію минулого клімату в коралах;
- вміст ізотопів вуглецю в коралах;
- рідкісні елементи в коралах;
- роль океану у змінах концентрації двоокису вуглецю в атмосфері.

Реєстрація минулого клімату в коралах:
палеоклімат зі швидкостей зростання коралів

Термін “корал” звичайно застосовується до представників ряду Scleractinia, які мають вапняні скелети, що захищають більш м'які тканини. Для палеокліматичних досліджень найважливішою підгрупою є будівельники рифів, масивні корали, в яких на основі симбіозу існують кораловий поліп та одноклітинна водорість (зооксантела), вони відомі як рифоутворювальні корали. Водорість продукує карбогідрати в процесі фотосинтезу і тому залежить від глибини води (більшість росте у верхній товщі на глибині 0-20 см), її прозорості. Велика кількість органічного вуглецю фіксується розсіяними водоростями з їх клітин, забезпечуючи живлення для коралових поліпів. Рифоутворювальні корали були лімітовані в основному температурами та в більшості своїй зустрічаються в межах середньої температури поверхні моря (SST) близько 20°C (між 30° півн.ш. та 30° півд.ш.). Коли температура знизується до 18°C, швидкість

накопичення кальцію (зростання скелета) значно знижується, а більш низькі температури зможуть призвести до загибелі колонії.

Палеоклімат зі швидкостей росту коралів.

Швидкості росту коралів залежать від різних чинників, включаючи SST і доступність живильних речовин. Найтриваліший запис зміни швидкості росту коралів був отриманий в 1992р. (Patzold and Wefer), з масиву коралів на Бермудах. В цьому регіоні швидкість росту обернено пов'язана з SST, тобто при підйомі більш холодної води з глибин океану збільшується кількість живильних речовин, що впливає на швидкість зростання коралів. Дані показали, що SST в основному була вище середньої багаторічної з 1250 по 1470рр. Найхолодніші умови припадають на період з 1470 по 1710рр. і з 1760р. до кінця дев'ятнадцятого століття. Це добре узгоджується з розрахунками зміни суми температур в північній півкулі за той же період.

Вміст ізотопів вуглецю і кисню в коралах

Давно відомо, що фракціонування ізотопів кисню в залежності від температури відбувається в процесі, коли біологічний карбонат осідає з розчинів. $\delta^{18}\text{O}$ знижується приблизно на 0,22 ‰ при збільшенні температури на кожен 1°C.

В тих областях тропіків, де відбуваються сезонні зміни в ізотопному складі морської води, прості зв'язки $\delta^{18}\text{O}$ -SST не спостерігаються. В областях з сезонно важкими опадами, які виснажені $\delta^{18}\text{O}$ протягом конвективної активності, перемішані шари поверхні океану стають ізотопно легкими під час вологого сезону, призводячи до посилення сезонного сигналу в коралах $\delta^{18}\text{O}$. І, навпаки, за час тривалого сухого сезону, поверхнєве випаровування може збільшити солоність і призвести до ізотопного збагачення (більше $\delta^{18}\text{O}$) завдяки переважному видаленню ^{16}O . В областях, де зустрічаються випадки з екстремальними SST аномаліями, $\delta^{18}\text{O}$ в коралах може бути унікальним свідомством таких подій.

Рідкісні елементи в коралах.

Оскільки елементи, які визначаються точно (Sr, Ba, Mn, Cd, Mg), хімічно схожі з Ca, мала кількість цих елементів може бути знайдена в скелетному карбонаті. Відносна концентрація таких елементів часто забезпечує палеокліматичний або палеоцеанографічний сигнал.

Зміни в концентрації двоокису вуглецю в атмосфері і роль океану

З даних льодяних кернів стало зрозуміло, що рівні діоксиду вуглецю в атмосфері (pCO_2) були значно нижчі (на 90-100 p.p.m.v.) в останньому льодовиковому максимумі, ніж у голоцені. Поза сумнівом, тривалі зміни

діоксиду вуглецю проходять в паралелі з $\delta^{18}\text{O}$ в льоді та повинні відігравати важливу роль в льодовикових та міжльодовикових кліматичних змінах.

Вміст вуглецю в океані в 50-60 разів відрізняється від атмосферного, рівномірно пов'язані малі зміни в швидкостях вертикального перенесення або втрат (дегазація) діоксиду вуглецю можуть сильно впливати на рівні атмосферного CO_2 . На зміни в температурі й солоності поверхні океану в льодовиковий час (холодніше, вище солоність) припадає близько 10% усіх змін CO_2 , які спостерігались. Але всі основні зміни повинні бути пов'язані зі збільшенням в біологічній продуктивності в океані за той же період. Розчинений в океані CO_2 переміщується біологічною активністю в світлову зону, яка формує органічну тканину та карбонатні раковини морських організмів. Після їх смерті вуглець, який знаходиться біля поверхні, переміщується в нижні шари і нагромаджується у відкладах. Апвелінг повертає CO_2 зі збагачених більш глибоких шарів в атмосферу. Таким чином, одні області океану відіграють роль стоку вуглецю, а інші – джерела. Чинники, які видозмінюють біологічну продуктивність поверхневих вод та швидкість апвелінгу, або ті, які змінюють розподіл стоків і джерел вуглецю, можуть значно впливати на рівень атмосферного CO_2 .

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ:

- 1 Дайте визначення терміну “корал”.*
- 2 Від чого залежить швидкість росту коралів?*
- 3 Які рідкісні елементи містяться в коралах?*
- 4 Яка роль океану у зміні концентрації двоокису вуглецю в атмосфері?*

2.2.4 Повчання по вивченню теми 4: «Геологічні та біологічні свідчення щодо змін клімату»

ЛІТЕРАТУРА [1: С. 30-46]

В результаті засвоєння теми студенти повинні знати:

- що таке лес та лесові відклади;
- що таке левове плато;
- акумулятивну діяльність льодовиків
- типи відкладених морен;
- види коливань льодовиків;
- флуктуації рівня озер;
- залежність ступеня динамічності екосистем від швидкості переселення рослин;

- що таке тривалі (голоценові) спектри;
- який підхід застосовується при картографуванні палеорослинності;
- метод спорово-пилкового аналізу.

Лесові відклади

Лес (нім. Loss) – нешарувата, однорідна вапняна осадова гірська порода світло-жовтого або палевого кольору. Переважають частинки 0,01 – 0,05 мм; глинисті частинки <0,005 мм присутні у кількості 5 – 30%; деяка кількість частинок 0,01 – 0,05 мм представлена агрегатами, які утворились при коагуляції колоїдної частини породи. Пористість лесу 40 – 55%; пронизаний тонкими каналцями (макропорами, слідами рослинних залишків). За своїм складом лес відноситься як правило до суглинків, рідше до супісків. Великі частинки в лесі складаються переважно з кварцу і польового шпату, в меншій кількості – зі слюдяної, рогової обманки і т. д.; в окремих прошарках рясніють зерна вулканічного попелу, які переносилися вітром на сотні км від місця виверження. Тонкі частинки в лесі складаються з різноманітних глинистих мінералів (гідрослюди, каолінит, монтморилоніт). У лесі іноді зустрічаються вапняні конкреції (місцеві назва: журавчики, дутики), раковини наземних молюсків та кістки ссавців, особливо гризунів та мамонтів.

Лес поширений в Європі, Азії, Північній та Південній Америці, переважно в степових та напівпустельних районах помірного поясу. Леси залягають у вигляді покриву – від декількох метрів до 50-100 м – на вододілах, схилах та древніх терасах долин.

Питання про походження лесу ще не отримало загальноприйнятого рішення. Його утворення пов'язували з різними геологічними процесами (на суші – з діяльністю вітру, дощових і талих снігових вод, ґрунтоутворенням та вивітрюванням, вулканізмом, осадженням космічного пилу, осадоутворенням в озерах і морях) та стадіями породоутворення. У 1877р. нім. вчений Ф. Ріхтгофен довів субаеральне (на суші при обмеженій ролі води) походження китайського лесу. Популярні теорії еолового (В.А. Обручов), ґрунтового (Л.С. Берг) та комплексного (еолові, делювіальні і ґрунтово-елювіальні процеси в посушливому кліматі) походження лесу.

Лесові відклади – осадові породи, що зовні нагадують лес і за складом відносяться до суглинків та супісків. Лесові відклади відрізняються від лесу наявністю шаруватості та прошарків галечників, більш глинистим складом, включенням раковин прісноводних молюсків. Часто лесові відклади залягають у вигляді невеликих прошарків у алювіальних галечниках. Лесові відклади поширені в різних ландшафтних зонах. Лесові відклади можуть мати різне походження, являючи собою еолові відклади, алювій, делювій, елювій. Лесові відклади і лес об'єднують під назвою лесових порід. Деякі дослідники не відокремлюють лесові

відклади від лесу і не використовують поняття лесові породи. Лесові відклади, як і лес, іноді мають просадочні властивості.

Варіації гірських льодовиків

Гірські льодовики різні за умовами живлення та стоку. Велике розповсюдження мають гірські льодовики альпійського типу. Загальний характер та динаміка такого льодовика представляються в такому вигляді: у верхній схилівій частині гір вище снігової межі розташовуються області живлення (фірнові басейни). Вони представлені циркоподібними котловинами, часто це розширені водозбірні басейни, раніше утворені водними потоками. Областями їх стоку або розвантаження є гірські долини. Гірські долинні льодовики бувають простими, відокремленими один від одного, кожен з чітко вираженою областю живлення та власною областю стоку. Але в ряді випадків спостерігаються складні льодовики, що виходять з різних областей живлення, зливаються один з одним в області стоку, утворюючи єдиний потік, який являє собою справжню річку льоду з притоками та заповнює на багато кілометрів гірську долину. Прикладом такого складного крижаного потоку є льодовик Федченко на Памірі протяжністю близько 75 км та з великою потужністю льоду. Через численні притоки такі льодовики в плані нагадують гіллясте дерево.

Акумулятивна діяльність льодовиків. Весь різнорідний уламковий матеріал – від тонких глинистих частинок до великих валунів і брил, як той, що переноситься льодовиками при своєму русі, так і відкладений, називають мореною (гляціальними відкладами). Отже існує два типи морен – рухомі та відкладені.

Рухомі морени мають різне розташування. У гірських льодовиках виділяються:

1) поверхневі морени – бокові по краях долинного льодовика, що утворюються за рахунок вивітрювання та гравітаційних процесів зі схилів гір (осипів, зсувів, обвалів), і серединні, які виникають в результаті об'єднання бічних морен при злитті льодовиків;

2) внутрішні морени можуть утворюватися як в областях живлення, так і в результаті проникнення уламкового матеріалу по тріщинах;

3) донні морени утворюються за рахунок екзарачії і захоплення продуктів вивітрювання.

Відкладені морени. Серед відкладених виділяються три типи морен: 1) основна (донна), 2) абляційна, 3) кінцева (крайова).

Основні морени – найбільш поширені льодовикові відклади. В центральних частинах материкових зледенінь переважають екзарачія та насичення льоду уламковим матеріалом. Лід рухається від центру по радіальних напрямках в області абляції, де, крім екзарачії і переносу, створюються умови для підлідної акумуляції та утворення основної

морени. Уламковий матеріал, який насичує лід, зменшує його пластичність та поступово відшаровується, утворюючи основну (донну) морену.

Абляційна морена найчастіше утворюється ближче до периферичної частини льодовика в стадії його деградації. При таненні льодовика наявний усередині нього і на поверхні уламковий матеріал осаджується, накладаючись на основну морену.

Кінцеві (крайові) морени. При тривалому стаціонарному положенні краю льодовика спостерігається динамічна рівновага між льодом, який надходить, та його таненням. У цих умовах біля краю льодяного покриву буде накопичуватися принесений льодовиками уламковий матеріал, формуючи кінцеву, або крайову, морену.

Коливання гірських льодовиків. Збільшення розмірів льодовика (потужності, площі; довжини) називається його наступом, зменшення – відступом, а незмінність – стаціонарним станом.

Види коливань льодовиків. Розрізняються такі види коливань льодовиків:

1) сезонні, спричинені сезонною зміною режиму абляції: взимку льодовик тоне слабкіше, ніж влітку, тому може наступати;

2) вікові – дуже тривалі, керовані, скоріш за все, загальними причинами, пануючими над місцевими факторами клімату, погоди та рельєфу; позначаються на загальному характері зледеніння великих територій: льодовики або розвиваються, або, навпаки, поступово скорочуються аж до повного зникнення;

3) циклічні – порівняно короточасні, зумовлені циклічними коливаннями клімату;

4) випадкові – всі ті, які не можуть бути віднесені до сезонних, вікових та циклічних.

Флуктуації рівня озер

Зміна сонячної активності викликає зміну атмосферної циркуляції, внаслідок чого змінюється кількість опадів. Зміна кількості опадів і температури повітря призводить до того, що мають місце коливання рівня води в озерах щодо "норми". Роки маловоддя (дуже низького, низького і середнього) змінюються роками багатоводдя (середнього, високого, дуже високого).

Циклічні зміни в межах вікового циклу сонячної активності відбуваються в самих різних природних процесах, а не тільки в наступі посух, зміні водності річок та рівня води в озерах. Зокрема, на зміну сонячної активності в межах вікового циклу реагує льодовитість північних морів.

Озерні донні відклади

Озерні відклади, осадові утворення на дні озер – сучасних та древніх, які існували в минулі геологічні епохи. Озерні відклади відносяться до континентальних відкладів, але в той же час мають деякі ознаки, властиві морських відкладам (чітке сортування матеріалу, горизонтальна шаруватість та ін). Допоможе відрізнити риси озерних відкладів: лінзоподібне залягання, невелике число залишків специфічної фауни та занесених з берегів залишків рослин і тварин, а також тісний зв'язок з алювіальними та іншими типами континентальних осадів. В особливу категорію виділяють озерно-льодовикові відклади. У прісноводних озерах накопичуються механічні осади, серед яких часто переважають тонкозернисті з чіткою горизонтальною шаруватістю, а також сапропель, діатоміт. При заростанні озера нерідко перетворюються на торф'яні болота. Характер озерних відкладів змінюється в залежності від клімату. В областях з холодним кліматом відкладається уламковий піщано-глинистий матеріал, іноді з стрірковою шаруватістю; в озерах помірного поясу разом з уламковим матеріалом накопичуються залізо («бобові» руди), кремнезем (діатоміти), карбонат кальцію, органічна речовина (торф та ін.). У посушливих областях, де поширені солонцюваті та солоні озера, відкладаються карбонати, галіт, гіпс, а в безстічних озерах – доломітові осади, іноді сода.

Стрічкові глини, осади озер, розташованих поблизу кінця материкового льодовика. Для стрічкових глин характерна тонка правильна шаруватість з літніх і зимових шарів, складених відповідно більш крупним (піщано-алевритовим) або більш дрібним (глинистим) матеріалом. Потужність пари шарів зазвичай менше 1 мм, але іноді досягає декількох см. У ділянках озер, прилеглих до льодовика, потужність шарів зазвичай більша, ніж на віддаленні від нього. В середині великих шарів розрізняється мікروشаруватість, пов'язана зі зміною погоди та інтенсивності танення льодовиків. Стрічкові глини поширені в Білорусії, прибалтійських країнах і на півночі Європейської частини Росії; у Скандинавії, на півночі Польщі та Німеччини. Підрахунок числа річних шарів в стрічкових глинах використовується для геохронології льодовикового і післяльодовикового часу.

Основним підходом до дослідження осадків з метою пошуку кліматичних палеосигналів є седиментологічний. Він полягає в комплексному аналізі представницьких осадкових розрізів за допомогою сучасних методів описової петрографії, геохронології, пошуку мінералогічних та геохімічних індикаторів, вимірювання фізичних властивостей, комп'ютерного аналізу зображень та аналізу часових рядів.

Донний осад формується з твердих частинок теригенного стоку, які надходять з різних рівнів і геоморфологічних елементів живильної провінції, органічних залишків автохтонного і алохтонного походження,

аерозольної компоненти й порової води. При подальшій взаємодії твердої й рідкої фаз в осаді утворюються аутигенні мінерали. Кожен компонент пов'язаний зі змінами параметрів зовнішнього середовища, в першу чергу, з кількістю річних атмосферних опадів (Pr) та середньорічною температурою (T), варіації яких і призводять до варіацій складу донних осадків.

Комахи як індикатори зміни клімату

Викид промисловістю в атмосферу Землі газів, що створюють парниковий ефект, спричиняє до підвищення глобальної температури й збільшення опадів. Відбувається інтенсивне танення льодовиків у горах на полюсах Землі, можливо висушування окремих замкнутих водойм або ж, навпаки, затоплення деяких територій. Все це надалі ще більшою мірою впливатиме на стан та функціонування наземних екосистем, стан сільського та рибного господарства, ліси, призведе до значних опустелювань окремих районів землі, зміни рослинних поясів, скоротить видовий склад рослин і тварин, порушить угруповання тварин. Досвід показує, що незначні зміни температури й вологості за десятки років можуть призвести до глобальних порушень екологічного балансу, руйнувань угруповань рослинного і тваринного світу.

При підвищенні температури кліматичні профілі будуть зрушуватися нагору по гірських схилах. Там, де були високотравні луки, виникнуть степи, на місці степів – напівпустелі, трохи збільшиться висотне розташування лісу, субальпійських й альпійських луків та інших рослинних асоціацій. Для рослинних угруповань цей процес буде повільним, тоді як безхребетні і всі хребетні мають всі можливості для активної міграції (перельоти, переповзання), вони будуть рухатись слідом за переміщенням рослин, які їх живлять, інших об'єктів їжі (хижацтво, паразитизм, утилізація трупів і т.д.). До того ж майже всі комахи, а тим більше хребетні тварини здатні до зміни добової та сезонної активності. Вони змінюють активність з денною на вранішню чи вечірню, або навіть нічну. Личинки багатьох комах зариваються глибше в ґрунт, де і вологість вище й температура нижче. Багато комах при нестачі вологи споживають більше зеленої їжі, використовуючи вологу, а інші, навіть корисні поживні речовини не використовують в повній мірі. Мурахи, наприклад, споживають рідкі виділення попелиці.

Комахи витримують широкий діапазон температурних умов, створюють охолодження за рахунок вентиляції, що досягається особливою будовою гнізд у колективних видів або помахами крил, за рахунок чого відбувається вентиляцію житла. Виживання сімей або видів досягається за рахунок колосальної плодовитості самок (мурахи-лазіуси, жуки-навивники). Однак втрата видів, скорочення життєвого простору або зменшення чисельності особин спостерігається навіть у комах. Більшість

комах всеїдні. Тим не менше, існують види, які живляться строго певним типом їжі та при її відсутності можуть загинути. Крім того, існують комахи, які пристосувалися жити тільки в суворо визначених умовах (певний тип ґрунту, в стовбурах, гілках або стеблах певних дерев, чагарників або трав'янистих рослин, відкладати яйця тільки в тіло одного виду хазяїна і т.д.). Такі види комах в першу чергу є претендентами на загибель при зміні клімату. Якщо ж вони не мають властивостей активної міграції, то це тільки підвищує можливість їх втрати. Та екосистема, в якій вони живуть, може зазнати значних змін або зовсім зникнути. Таких видів комах в природі не дуже багато, крім того, природа передбачила такі казуси, і різні види можуть виконувати одну й ту ж функцію. Таким чином, угруповання або екосистема не гине, а продовжує функціонувати. Тому, чим більше число видів об'єднує спільноту, тим воно більш стійко функціонує і успішно протистоїть змінам зовнішнього середовища.

1. Швидкість або динамічність пристосувань об'єктів тваринного і рослинного світу при змінах кліматичних умов визначає багато процесів. Комахи, наприклад, більш динамічні у порівнянні з рослинами. Вони можуть переселитися за один сезон на значну відстань. Деякі ж рослини роками досягають статевої зрілості, щоб їх насіння було перенесено на нове місце проживання. Таким чином, часто ступінь динамічності екосистем або закріплення видів на новому місці залежить від швидкості переселення рослин.

Палеокліматичні реконструкції з тривалих (голоценових) спектрів

Дані аналізу пилку та ботанічного складу озерно-болотних відкладів являють собою найбільш надійне і поширене джерело інформації про регіональні та глобальні зміни рослинності та клімату в голоцені і широко використовуються для цілей палеогеографії, геологічної кореляції та верифікації глобальних кліматичних моделей.

Якісний і кількісний склад спорово-пилкових спектрів порід показує, що близько 3 млн років тому були представлені майже всі типи нині існуючих рослинних зон, які змінювали один одного в часі слідом за зміною клімату в бік потепління або похолодання.

В даний час для реконструкції палеоклімату голоцену широко застосовуються інформаційно-статистичні методи, що дозволяють на основі спорово-пилкових спектрів відновлювати кількісні характеристики температур та опадів і їх флуктуацію протягом голоцену.

Картографування палеорослинності

При картографуванні палеорослинності в середньому і великому масштабі застосовується підхід, який складається з розгляду отриманих спорово-пилкових матеріалів крізь призму модельних територій (МТ), які репрезентативно відображають суму природних умов сьогодення й

минулого в межах досліджуваних зон або підзон. Уніфікація наповнення картографічних виділів забезпечується попередньо розробленою класифікаційною схемою пилкових спектрів з докладним їх описом. Фоном для хорологічні виділів служать рельєф і літологія четвертичних відкладів.

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ:

- 1 *Що таке Лес, лесові відклади?*
- 2 *Типи відкладених морен?*
- 3 *Що таке кінцева (крайова) морена?*
- 4 *Види коливань гірських льодовиків?*
- 5 *Що таке озерні відклади?*
- 6 *Від чого залежить ступінь динамічності екосистем?*
- 7 *Що показує якісний і кількісний склад спорово-пилкових спектрів порід?*
- 8 *Який підхід застосовується при картографуванні палеорослинності в середньому і великому масштабі?*

2.2.5 Повчання по вивченню теми 5: «Базові принципи дендрохронології та дендрокліматології. Дендрокліматичні реконструкції»

ЛІТЕРАТУРА [1: С. 47-51]

В результаті засвоєння теми студенти повинні знати:

- закон лімітуючих факторів;
- принцип чутливості;
- принцип перехресного датування;
- принцип уніформізму;
- генералізовані (регіональні) хронології та їх використання.

Базові принципи

Основні положення (принципи) дендрохронології запозичені із загальної екології. Основними з них є закон лімітуючих факторів, відбір районів і місць існування, чутливість, перехресне датування, повторність і уніформізм. Суть закону лімітуючих факторів полягає в тому, що біологічні процеси, зокрема зростання деревних рослин, не можуть протікати швидше, ніж це дозволяється зовнішнім або внутрішнім фактором, який знаходиться у мінімумі. У разі, якщо цей фактор в силу будь-яких причин переходить в розряд оптимальних, швидкість росту буде збільшуватися до тих пір, поки інший фактор (або фактори) не стануть лімітуючими. Згідно з цим законом, для дендрохронологічного аналізу

найбільш придатні ті дерева, на приріст яких впливає той чи інший фактор, що лімітує, у граничному випадку – тільки один.

Принцип відбору районів та місцеперебувань є складовою частиною закону лімітуючих факторів. Він вимагає, щоб при проведенні дендрохронологічних досліджень зразки деревини бралися у дерев, які виростають у несприятливих і екстремальних кліматичних і ґрунтових умовах, де найбільш повно проявляється дія лімітуючих факторів. Такими районами є верхня, нижня, полярна і південна межі поширення деревної рослинності, а місце-проживання – заболочені, скельні і забруднені промисловими викидами.

Принцип чутливості найбільш широко використовується при аналізі деревно-кільцевої хронології. У сприятливих для росту дерев районах формуються широкі річні кільця. При цьому у таких дерев добре виражені зміни приросту з віком, а величина приросту між сусідніми роками коливається в незначних межах. Подібна послідовність в мінливості ширини річних кілець дістала назву «благодушної». У несприятливих для виростання дерев умовах кільця приросту вузькі, їх ширина значно коливається від року до року, вікова крива зростання виражена слабко. Часто спостерігається випадання кілець. Такі серії кілець називаються «чутливими». Вони свідчать про те, що на ріст дерев в значній мірі впливають фактори зовнішнього середовища. Чим сильніше міжрічна мінливість величини приросту дерев, тим більш надійним індикатором змін умов середовища вона є [8].

Принцип перехресного датування є найважливішим в дендрохронології, його розроблено з метою абсолютного і відносного датування часу формування кілець з точністю до року. В основі цього принципу лежить наступне. Деревні рослини, що виростають в межах однорідного в кліматичному відношенні району, реагують величиною приросту на зміни лімітуючих кліматичних чинників. У сприятливі за кліматичними умовами роки у більшості дерев формуються широкі кільця, а в несприятливих – вузькі. У зв'язку з цим у таких дерев спостерігається синхронна мінливість величини приросту в часі. Особливо показові вузькі кільця, коли приріст найбільшою мірою лімітується тим або іншим кліматичним чинником (наприклад, у разі гострого дефіциту вологи в посушливі роки). Чергування вузьких, середніх за величиною і широких кілець неповторюється в часі. Тому максимально можлива синхронність в прирості між різними деревами спостерігається лише в тому випадку, якщо графіки зміни приросту будуть суміщений строго хронологічно.

Метод перехресного датування дозволяє виявляти місцезнаходження помилкових та випавших кілець і проводити абсолютне та відносне датування кожного кільця з точністю до року у порівнюваних індивідуальних деревно-кільцевих хронологіях, а також продовжувати

хронології далеко в глиб століть на основі використання деревини давно відмерлих дерев (сухостою, вітроломом, а також похованої в торф'яних, річкових і озерних відкладах напіввикопної деревини голоценового віку).

Принцип повторності, тобто використання інформації не з одного, а з певного числа модельних дерев, є неодмінною умовою точного датування кілець, побудови надійних деревно-кільцевих хронологій та виготовлення точнішої реконструкції умов середовища в теперішньому та минулому.

Принцип уніформізма (актуалізма) стосовно дендрохронології стверджує, що фізичні та біологічні процеси, які зумовлюють зміни в зростанні дерева під впливом чинників навколишнього середовища в даний час, спричиняли подібні ж зміни у минулому.

Перехресне датування

Датування річних кілець, тобто одне з першорядних завдань дендрохронології, можливо за допомогою методу перехресного датування (crossdating method), заснованого на використанні неповторного в часі малюнка річних кілець деревини. Цей метод вперше використав Д. Кюхлер, а остаточно розробив і широко впровадив в практику дендрохронологічних робіт А. Дуглас в 1911р. Перехресне датування – це порівняння малюнків кілець у різних дерев та вибір точного місця, де знайдена відповідність в характері мінливості показників радіального приросту між даними зразками. Цей метод дозволяє виявляти порушення синхронності в межах окремих часових інтервалів і, тим самим, визначати точне положення помилкових і випавших кілець.

Метод перехресного датування дозволяє отримувати відносні і абсолютні дати формування шарів річного приросту. Відносне датування полягає у визначенні пар кілець у зразків, які порівнюються, вважаючи, що ці кільця сформувалися в один і той же рік, але календарна дата ще невідома. Воно дозволяє, наприклад, визначити на скільки років пізніше або раніше було зрубано (або загинуло) те або інше дерево в порівнянні з іншим.

Абсолютне датування включає точне визначення календарної дати всіх річних кілець у досліджуваних зразків. Воно може бути проведена тільки у випадку, якщо відома календарна дата хоч би одного зразка, кільцева хронологія якого перехресно датується з іншими кільцевими хронологіями. Застосування методу перехресного датування дозволяє не тільки датувати кільця дерев, але і будувати деревно-кільцеві хронології різної тривалості, продовжуючи їх далеко в глиб століть, використовувати деревину дерев, що давно усохли або були зрубані та збереглася на поверхні, і деревину, похоронену в природних відкладах та в культурних шарах археологічних пам'яток.

Деревно-кільцева хронологія (ДКХ) є дискретним часовим рядом тривалістю від декількох років до багатьох тисячоліть та характеризує той

або інший показник річного приросту, фізико-механічні властивості, анатомічну структуру та хімічний склад деревини. Залежно від цілей дослідження використовуються різні види ДКХ. При датуванні історичної і археологічної деревини, а також різного роду катастрофічних подій в основному використовуються індивідуальне хронології, тобто хронології, отримані з одного дерева або чагарнику. Для реконструкції кліматичних і гідрологічних умов використовуються узагальнені та генералізовані хронології, тобто хронології, побудовані шляхом використання достатньо великого числа дерев, які належать до одного або декількох видів і місць проживань, та виростають в одному або декількох типах. Хронології також можна поділити на локальні, регіональні і глобальні, які характеризують приріст дерев і умови зовнішнього середовища на територіях різного масштаба.

Стандартизація вимірювань

За останні роки істотно розширена програмна база обробки даних первинних вимірювань ширини річних кілець. Вона включає такі програми, як стандартизація вихідних вимірювань (з використанням широкого набору апроксимуючих функцій), розрахунки статистичних характеристик, що оцінюють кореляцію і синхронність між індивідуальними серіями і в цілому для хронології, перевірка якості датування, розрахунок кліматичних функцій відгуку та побудова множинних моделей регресії приросту в залежності від виділених провідних кліматичних чинників. Нові розробки щорічно поповнюють наявну Бібліотеку Програм Аналізу Деревних Кілець. Стандартизація усуває з вихідних вимірювань ширини річних кілець віковий тренд, переводячи послідовність в безрозмірні значення індексів ширини річних кілець. У мінливості індексів вплив зовнішніх умов максимальний, і процедури подальшого аналізу дозволяють виділити провідні чинники середовища та оцінити їх відносний внесок.

Генералізовані (регіональні) хронології використовуються для оцінки макрокліматичних сигналів, що відображають зміни макроклімату на великих просторах – за висотними поясами. Генералізація проводиться в тому випадку, якщо між узагальненими хронологіями спостерігається досить висока синхронність, тіснота зв'язку (кореляція) і однаковий «кліматичний сигнал». Таким чином, для кожної локальної ділянки отримують дві узагальнені хронології: стандартну і залишкову, які і є об'єктами подальшого аналізу.

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ:

- 1 Опишіть закон лімітуючих факторів.*
- 2 Що дозволяє виявляти метод перехресного датування?*
- 3 У чому полягає суть Стандартизації вимірювань?*

2.3 Повчання по виконанню практичної частини курсу

Наведена нижче практична робота повинна бути виконана студентами під час аудиторних занять.

Оцінювання результатів виконання практичної роботи проводиться за такими критеріями:

Практична робота (у % від кількості балів, виділених на неї, із заокругленням до цілого числа):

0%	завдання невиконано;
1-59%	завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;
60-73%	завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або у методиці;
74-89%	завдання виконано повністю і вчасно, проте окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення);
90-100%	Завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

Максимальна кількість балів, яку може одержати студент при виконанні програми практичних занять становить 50 балів.

Тема: «ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ»

Загальні теоретичні відомості:

Методика проведення реконструкції температури повітря. В центральних зонах потужних льодовикових щитів температура повітря протягом всього року зберігається від'ємною, причому набагато нижче за нульову відмітку шкали Цельсія (середньорічні температури нижче $-25,0^{\circ}\text{C}$). Цим зумовлений той факт, що танення в цих областях відсутнє, а відбувається лише накопичення опадового снігу або замерзаючих опадів з подальшим їх осіданням та рекристалізацією, що призводить до перетворення снігу на фірн (перехідну породу між снігом і льодовиковим льодом, що складається із зв'язаних між собою кристалічних зерен), а потім, на глибині 50-150 м від поверхні – в лід. Пробуривши льодовиковий щит, можна прослідкувати в колонці льоду річні шари, що добре збереглися, та впевнено відокремлені один від одного по літніх і зимових відкладеннях, які розрізняються за структурою, щільністю й запарошеністю. Таке відокремлення не представляє особливої роботи для останніх декількох тисяч років, проте з глибиною проводити його все складніше, оскільки через тиск вище розміщених шарів відмінності згладжуються. В цьому випадку для датування більш стародавнього льоду використовують чисельне моделювання його розтікання, початковими

даними при якому використовуються швидкість накопичення снігу, температура та в'язкість льоду, швидкість його руху та рельєф ложа.

В першу чергу, у витягнутому зі свердловини крижаному керні визначається вміст стабільних ізотопів ^{18}O і ^{2}O по відношенню до найпоширеніших ізотопів O і ^{16}O . Відношення $^{2}\text{O}/\text{O}$ і $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ виражаються величинами d в тисячних долях (‰) в порівнянні зі «стандартом середньої океанічної води» (SMOW). Ці величини характеризують кліматичні умови випадання опадів, що сформувавши досліджуваній шар льодовикового покриву. Чим нижча температура утворення опадів, тим менше значення цих показників, і навпаки. Збільшення висоти випадання опадів та відстань від джерела вологи до місця їх випадання сприяє зменшенню значень d ^{2}O (або D) і d ^{18}O . В Східній Антарктиді зниження відносного вмісту ізотопу d ^{18}O на 1 ‰ відповідає похолоданню на $1,5^{\circ}\text{C}$, а зменшення D на 6 ‰ – зниженню температури на 1°C . Використовуючи ці співвідношення, ізотопну криву легко перетворити на температурну. Метод був запропонований В. Дансгором (W. Dansgaard) та С. Епстейном (S. Epstein) після того, як Дансгор в 1955 р. встановив висотний ефект ^{18}O в атмосферних опадах, а Епстейн в 1956 р. підтвердив це прямими ізотопними дослідженнями. Пізніше Дансгор запропонував емпіричне рівняння, що описує зв'язок між середньорічними температурами біля поверхні (t) і d ^{18}O (1):

$$d \text{ } ^{18}\text{O} = 0.7t - 13.6 \text{ ‰} \quad (1)$$

Порівняння ізотопних кривих d ^{2}O і d ^{18}O для кернів з різних свердловин показало хорошу кореляцію між цими показниками; вони корелюють і з температурами поверхневих вод океану, реконструйованими по складу фауни в донних відкладеннях, і з температурами в Європі за даними спорово-пилкових аналізів і геоморфологічних досліджень реліктів перегляціальних явищ. Також був знайдений зв'язок між ізотопною кривою з Гренландської свердловини Crete й температурами в Англії та Ісландії, які були реконструйовані для останніх 300-500 років по надійних записах прямих спостережень за природними процесами. Все це дає підстави розглядати Гренландські льодовикові керни як чутливі природні реєстратори температурних флуктуацій в Північній Півкулі, – та в Європі зокрема.

Аналіз даних палеорекострукції температури повітря Гренландії за останні 50 000 років. Відновлена температура повітря в приземному шарі в центральній частині Гренландії за останні 50 000 років була отримана на основі аналізу стійких ізотопів N_2 і Ar , добутих з повітряних бульбашок льодових кернів. Аналіз стану льодових кернів дає нам повну картину про зміни клімату Землі та стан атмосфери у минулому. Напластування льоду, що збереглися, дозволяють зробити висновки про стан температури далеких епох з похибкою лише 1%.

Реконструйовані дані температури за останні 50 000 років були надані Світовим центром даних палеокліматології (World Data Center for Paleoclimatology, Boulder, USA). У роботі нами використовується ряд реконструйованих даних температури за останні 50 000 років (рис. 1). З вихідного ряду була проведена вибірка значень температури повітря через кожні тридцять років, які ми будемо використовуватися в практичних розрахунках (рис. 2).

Весь отриманий ряд температури повітря з дискретністю 30 років нами був поділений на три частини, оскільки температурний хід зазнавав суттєвих коливань протягом дослідного періоду і тому доцільним є виділення часових періодів, яким притаманні свої коливання та середні значення.

- 1) Льодовиковий період, тривалістю 35 250 років (49 830 – 14 580 років тому);
- 2) Перехідний період, тривалістю 4 500 років (14 550 – 10 050 років тому);
- 3) Післяльодовиковий період, тривалістю 10 020 років (10 020 років тому – наш час).

У кайнозойській льодовиковій ері найсильнішим є плейстоценовий льодовиковий період: зниження температури призвело до зледеніння Північного Льодовитого океану та північних районів Атлантики й Тихого океану, при цьому межа зледеніння проходила на 1500–1700 км південніше від сучасної. Рівень світового океану тоді був на 120 – 135 м нижче, ніж тепер, а льодовиками було вкрито близько 35% земної поверхні.

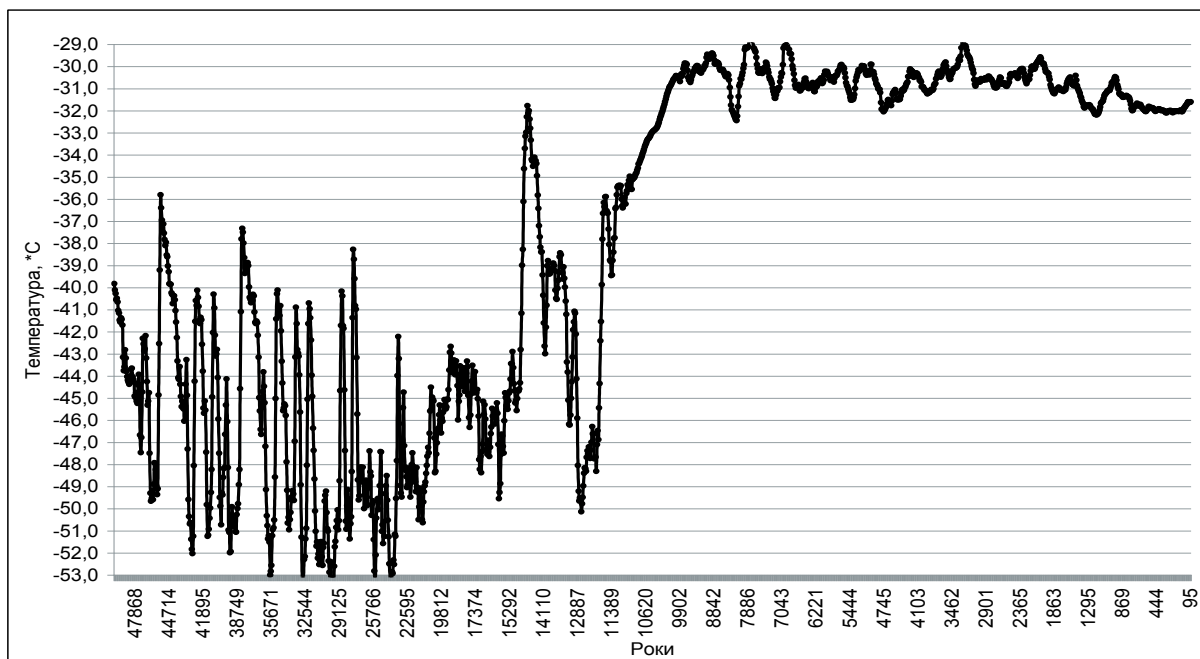


Рисунок 1 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії за останні 50 000 років

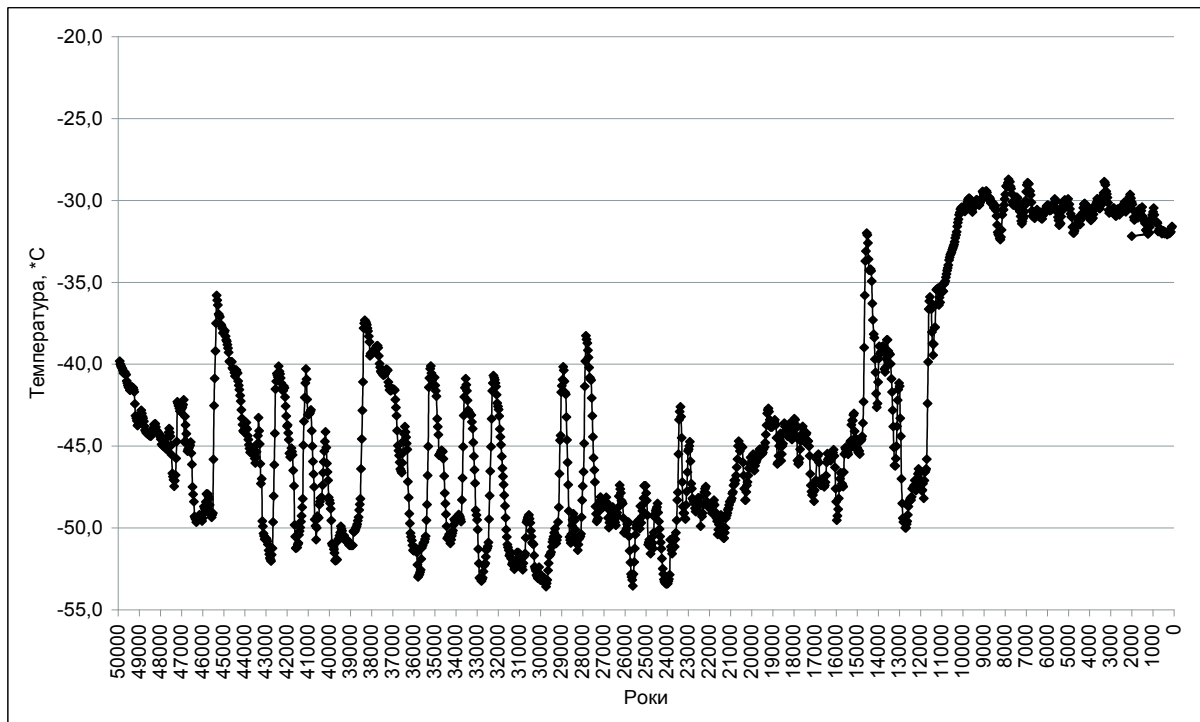


Рисунок 2 – Ряд температури повітря з дискретністю 30 років

Теперішній час – голоцен, що почався приблизно 10 000 років тому, характеризується як відносно теплий проміжок після плейстоценового льодовикового періоду, і часто кваліфікується як міжльодовиковий період. Льодовикові покриви існують у високих широтах північної (Гренландія) та південної (Антарктида) півкуль; при цьому в північній півкулі покривне зледеніння Гренландії простягається на південь до 60° північної широти (тобто, до широти Санкт-Петербургу), морські льоди – до $46\text{--}43^{\circ}$ північної широти (тобто до широти Криму), а вічної мерзлоти до $52\text{--}47^{\circ}$ північної широти.

Порядок виконання роботи:

- 1) Побудувати графік температури повітря за вихідними даними та вказати його місце на повній часовій осі;
- 2) Охарактеризувати ряд даних температури повітря (за варіантом);
 - 2.1) Описати кліматичний стан дослідженого часового відрізка;
 - 2.2) Вказати амплітуду коливань температури повітря, екстремуми
- 3) Провести вибірку даних з дослідженого ряду, використовуючи періодичні відповідні зазначеним періодам (див. рис. 3, табл. 1):

Для цього наш вихідний ряд реконструйованих значень температури за майже 50 000 років був умовно поділений на такі періоди: льодовиковий – 35250 років (49 830 – 14 580 років тому), перехідний – 4 500 років (14 550 – 10 050 років тому) і післяльодовиковий – 10 020 (10 020 – наш час) (рис. 1).

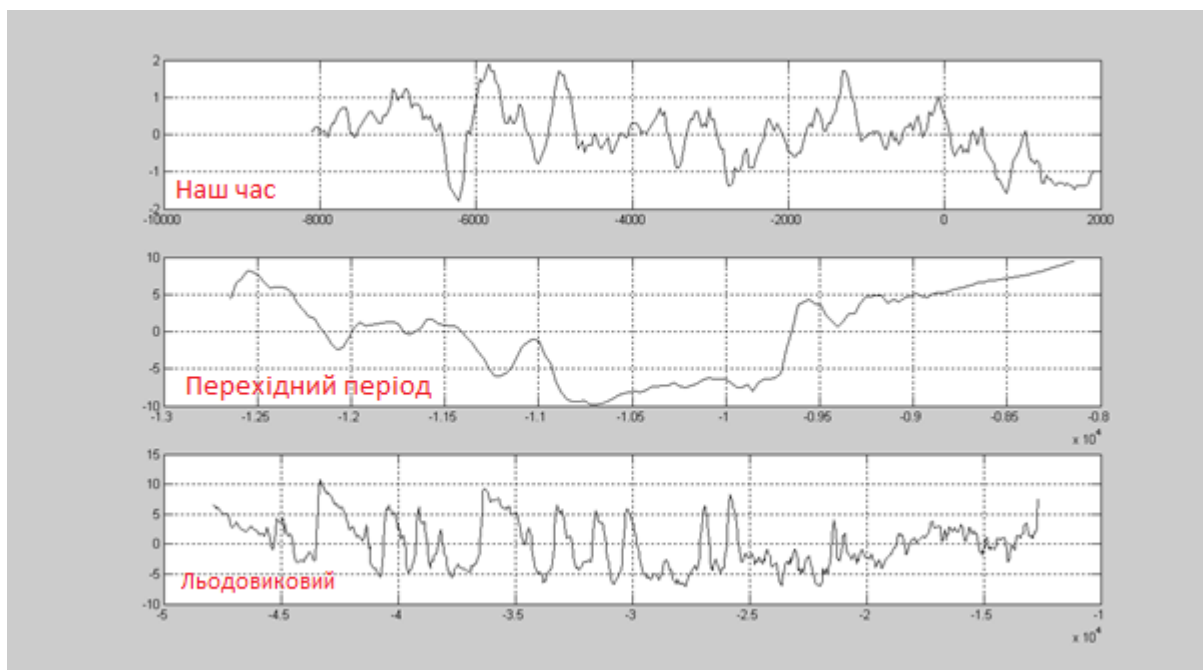


Рисунок 1 – Реконструйований ряд температури, поділений на три періоди

Таблиця 1 – Значущі періодичності в результаті Фур'є аналізу

Льодовиковий період		Перехідний період		Післяльодовиковий	
Частота	Період	Частота	Період	Частота	Період
0,04	1,2 року	0,033	≈ 1 рік	0,07	2,1 року
0,14	4,2 року	0,13	3,9 років	0,18	5,4 року
0,26	7,8 року	0,2	6,0 років	0,29	8,7 року
0,37	11,1 року	0,34	10,2 року	0,37	11,1 року
0,44	13,2 року				
				0,57	17,1 року
				0,62	18,6 року
				0,74	22,2 року
0,8	24 року			0,83	24,9 року
0,98	29,4 року			1,03	30,9 року
1,13	34 року				
2,0	60 років			2,11	63,3 року
				2,24	67,2 року
2,51	75,3 року				

4) описати кількісну та якісну характеристики трендової складової дослідженого ряду(вихідні дані знаходяться у додатку А).

Контрольні запитання:

- 1 Яку інформацію містять льодяні керни з Полярних районів?
- 2 Які існують підходи для порівняння абсолютних хронологій?
- 3 Що служить початковими даними при чисельному моделюванні стародавнього льоду?
- 4 Що таке «голоцен»?

3 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

3.1 Методика оцінки всіх видів підготовки студентів

Кредитно-модульна система оцінки знань, вмінь та навичок передбачає розподіл програми навчальної дисципліни «Палеокліматологія» на структурно-логічні завершені змістовні модулі, які можна оцінити певною кількістю балів.

Два змістових модуля: один з теоретичної частини курсу – ЗМ–Л1, та один з практичної частини – ЗМ–П1. Види завдань та кількість балів, що нараховані за їх вчасне виконання, додаються у наступній таблиці.

Форма контролю рівня засвоєння змістових модулів (ЗМ):

- опитування під час практичних та лекційних занять;
- виконання практичної роботи під наглядом викладача в аудиторії;
- письмові контрольні роботи з теоретичної частини.

№ п/п	Види завдань, за які нараховуються бали	Максимальна кількість балів, яка може бути нарахована за захист модуля
1	2	3
Теоретичний змістовий модуль №1		
1	Теоретична контрольна робота з дисципліни	50
	Загальна сума по теоретичному модулю	50
Практичний змістовий модуль №1		
1	Практична робота: «Палеорекоконструкція температури повітря»	50
	Загальна сума по практичному модулю	50
Загальна кількість балів з дисципліни		100

Сума отриманих балів складається з суми виконаних своєчасно контрольних заходів. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 100 балів, з них по теоретичному курсу – 50 балів, по практичній частині – 50 балів.

Організація підсумкового контролю побудована згідно положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів» (наказ №45 від 1.03.2013 р.) – врахування накопичених студентом за навчальний семестр результатів поточного контролю та залікової контрольної роботи.

Формою підсумкового контролю є залікова контрольна робота. Залікова контрольна робота формується у вигляді тестових завдань закритого типу по всьому переліку питань з дисципліни. Загальний бал залікової контрольної роботи є еквівалентом відсотка правильних відповідей на запитання.

Підсумкова оцінка виводиться таким чином:

$$\Sigma = 0,75 * \hat{I\hat{E}} + 0,25 * \hat{\zeta\hat{E}\hat{D}},$$

де Σ – підсумкова оцінка;

$\hat{I\hat{E}}$ – поточний контроль;

$\hat{\zeta\hat{E}\hat{D}}$ – залікова контрольна робота.

Студенти, які за результатами контрольних заходів мають суму 60 балів і більше, отримують залік. Студенти, які отримали: $\geq 50\%$ від теоретичної частини, $\geq 50\%$ від практичної частини за результатами контрольних заходів впродовж семестру – мають допуск до підсумкового семестрового контролю перед комісією.

Шкала переходу до якісної 2-бальної системи оцінювання

За національною шкалою	За шкалою ECTS	За системою ОДЕКУ(y %)
зараховано	A	90-100
	B	82-89,9
	C	74-81,9
	D	64-73,9
	E	60-63,9
не зараховано	FX	35-59,9
	F	01-34,9

3.2 Перелік базових знань та вмінь

Узагальнюючи інформацію, що викладена в підпунктах 2.1 та 2.2, можна навести повний перелік базових знань та вмінь з дисципліни «Палеокліматологія»:

1) Тема «Палеокліматичні реконструкції по льодяним ядрам»:

- методи палеокліматичних реконструкцій по льодяним ядрам;
- вміст газів в атмосфері землі за даними полярних льодяних ядер;
- відображення вулканічної активності у льодяних ядрах;
- вплив змін температури нижніх шарів води на ізотопний склад

донних форамініфер.

2) Тема «Палеокліматична інформація з біологічного матеріалу океанічних відкладів»:

- процес, що лежить в основі аналізу ізотопів кисню при перевірці морської мікрофауни на вміст вапна;
- стратиграфію ізотопного складу морських відкладів;
- ізотопні дані як індикатор змін рівня океану;
- палеотемператури з даних алкенів.

3) Тема «Палеокліматична інформація з неорганічного матеріалу океанічних відкладів»:

- від чого залежить швидкість росту коралів;
- реєстрацію минулого клімату в коралах;
- вміст ізотопів вуглецю в коралах;
- рідкісні елементи в коралах;
- роль океану у змінах концентрації двоокису вуглецю в атмосфері.

4) Тема «Геологічні та біологічні свідчення щодо змін клімату»:

- що таке лес та лесові відклади;
- що таке левове плато;
- акумулятивну діяльність льодовиків
- типи відкладених морен;
- види коливань льодовиків;
- флуктуації рівня озер;
- залежність ступеня динамічності екосистем від швидкості переселення рослин;
- що таке тривалі (голоценові) спектри;
- який підхід застосовується при картографуванні палеорослинності;
- метод спорово-пилкового аналізу.

5) Тема «Базові принципи дендрохронології та дендрокліматології. Дендрокліматичні реконструкції»:

- закон лімітуючих факторів;
- принцип чутливості;
- принцип перехресного датування;
- принцип уніформізма;
- генералізовані (регіональні) хронології та їх використання.

Додаток А
Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії
Таблиця А.1 – Реконструйовані дані температури повітря в
Гренландії (Варіант № 1)

№ з/п	Років	t, С	№ з/п	Років	t, С	№ з/п	Років	t, С	№ з/п	Років	t, С	№ з/п	Років	t, С
1	95	-31,6	55	468	-31,9	109	939	-30,8	163	1365	-31,4	217	2007	-30,1
2	107	-31,6	56	477	-31,9	110	948	-30,6	164	1376	-31,3	218	2017	-30,0
3	113	-31,6	57	486	-31,9	111	956	-30,5	165	1455	-31,2	219	2019	-29,9
4	119	-31,6	58	494	-31,9	112	965	-30,5	166	1465	-31,1	220	2034	-29,9
5	119	-31,6	59	502	-31,9	113	974	-30,5	167	1475	-31,1	221	2046	-29,8
6	125	-31,7	60	511	-31,9	114	982	-30,6	168	1485	-31,0	222	2046	-29,8
7	132	-31,7	61	520	-31,8	115	990	-30,7	169	1496	-30,9	223	2057	-29,6
8	139	-31,8	62	530	-31,8	116	999	-30,7	170	1505	-30,6	224	2068	-29,6
9	145	-31,8	63	538	-31,8	117	1008	-30,7	171	1515	-30,4	225	2079	-29,6
10	152	-31,8	64	547	-31,9	118	1017	-30,7	172	1562	-30,9	226	2088	-29,7
11	152	-31,9	65	556	-31,9	119	1025	-30,9	173	1571	-30,9	227	2099	-29,7
12	159	-32,0	66	564	-32,0	120	1034	-31,0	174	1581	-30,9	228	2108	-29,8
13	165	-32,0	67	572	-32,0	121	1043	-31,1	175	1586	-30,8	229	2116	-29,8
14	172	-32,0	68	580	-32,0	122	1051	-31,1	176	1586	-30,8	230	2128	-29,9
15	179	-32,0	69	588	-32,0	123	1059	-31,1	177	1610	-30,7	231	2139	-30,0
16	187	-32,0	70	597	-31,9	124	1068	-31,1	178	1615	-30,6	232	2149	-30,1
17	194	-32,0	71	605	-31,9	125	1077	-31,1	179	1621	-30,5	233	2159	-30,1
18	201	-32,0	72	613	-31,9	126	1086	-31,2	180	1639	-30,5	234	2170	-30,0
19	201	-32,0	73	621	-31,8	127	1096	-31,2	181	1649	-30,5	235	2182	-30,0
20	208	-32,0	74	630	-31,8	128	1104	-31,3	182	1659	-30,6	236	2192	-30,0
21	215	-32,0	75	638	-31,7	129	1113	-31,3	183	1669	-30,7	237	2202	-30,0
22	223	-32,0	76	647	-31,7	130	1121	-31,5	184	1679	-30,8	238	2212	-30,2
23	231	-32,0	77	655	-31,8	131	1131	-31,6	185	1689	-30,9	239	2223	-30,4
24	239	-32,0	78	664	-31,8	132	1139	-31,6	186	1689	-31,1	240	2233	-30,6
25	246	-32,0	79	672	-31,7	133	1147	-31,6	187	1699	-31,1	241	2243	-30,6
26	253	-32,0	80	681	-31,7	134	1156	-31,7	188	1709	-31,0	242	2253	-30,6
27	261	-32,1	81	690	-31,7	135	1165	-31,8	189	1719	-31,1	243	2263	-30,7
28	268	-32,1	82	699	-31,7	136	1173	-32,0	190	1729	-31,0	244	2273	-30,8
29	276	-32,0	83	708	-31,8	137	1180	-32,1	191	1739	-31,1	245	2293	-30,7
30	284	-32,0	84	716	-31,8	138	1189	-32,1	192	1750	-31,1	246	2293	-30,6
31	293	-32,0	85	725	-31,9	139	1198	-32,2	193	1759	-31,1	247	2303	-30,5
32	293	-32,0	86	734	-32,0	140	1206	-32,2	194	1769	-31,0	248	2314	-30,3
33	300	-32,0	87	743	-32,0	141	1215	-32,2	195	1780	-31,0	249	2324	-30,1
34	307	-32,0	88	752	-31,9	142	1224	-32,2	196	1790	-30,9	250	2334	-30,1
35	315	-32,0	89	761	-31,7	143	1233	-32,1	197	1800	-31,0	251	2355	-30,1
36	322	-32,1	90	770	-31,5	144	1242	-32,1	198	1811	-31,0	252	2355	-30,1
37	330	-32,1	91	779	-31,5	145	1250	-32,0	199	1823	-31,0	253	2365	-30,2
38	338	-32,1	92	789	-31,4	146	1258	-31,9	200	1833	-31,0	254	2373	-30,2
39	346	-32,0	93	798	-31,4	147	1267	-31,9	201	1843	-31,1	255	2373	-30,3
40	354	-32,0	94	808	-31,3	148	1276	-31,9	202	1863	-31,2	256	2394	-30,5
41	362	-32,0	95	817	-31,3	149	1286	-31,8	203	1871	-31,2	257	2406	-30,5
42	369	-32,0	96	827	-31,3	150	1286	-31,8	204	1882	-31,2	258	2413	-30,5
43	377	-32,0	97	836	-31,3	151	1295	-31,7	205	1892	-31,1	259	2427	-30,4
44	385	-32,0	98	844	-31,4	152	1295	-31,8	206	1902	-31,0	260	2434	-30,3
45	394	-32,0	99	853	-31,4	153	1304	-31,8	207	1912	-30,9	261	2442	-30,3
46	402	-31,9	100	861	-31,4	154	1304	-31,8	208	1922	-30,8	262	2457	-30,3
47	410	-31,9	101	869	-31,4	155	1312	-31,7	209	1931	-30,6	263	2468	-30,4
48	418	-31,9	102	878	-31,3	156	1312	-31,8	210	1940	-30,5	264	2478	-30,4
49	426	-31,9	103	886	-31,2	157	1321	-31,8	211	1946	-30,3	265	2478	-30,4
50	435	-32,0	104	895	-31,3	158	1329	-31,9	212	1959	-30,3	266	2500	-30,4
51	444	-32,0	105	903	-31,3	159	1338	-31,8	213	1968	-30,3	267	2511	-30,3
52	444	-32,0	106	912	-31,2	160	1347	-31,7	214	1978	-30,2	268	2521	-30,4
53	452	-32,0	107	922	-31,0	161	1356	-31,6	215	1988	-30,2	269	2530	-30,5
54	460	-32,0	108	931	-30,9	162	1356	-31,5	216	1997	-30,2	270	2541	-30,7

Продовження таблиці А.1

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
271	2554	-30,8	325	3133	-30,1	379	3796	-30,8	433	4460	-31,5
272	2564	-30,8	326	3146	-30,0	380	3808	-30,8	434	4473	-31,5
273	2575	-30,9	327	3158	-29,8	381	3817	-30,9	435	4486	-31,5
274	2586	-30,9	328	3170	-29,7	382	3832	-31,0	436	4498	-31,5
275	2597	-30,9	329	3181	-29,6	383	3844	-31,1	437	4511	-31,5
276	2609	-30,8	330	3193	-29,6	384	3856	-31,0	438	4521	-31,2
277	2619	-30,7	331	3204	-29,5	385	3867	-31,0	439	4536	-31,0
278	2631	-30,7	332	3215	-29,4	386	3880	-31,1	440	4550	-31,1
279	2641	-30,8	333	3228	-29,3	387	3888	-31,2	441	4563	-31,1
280	2652	-30,8	334	3238	-29,1	388	3905	-31,2	442	4576	-31,2
281	2662	-30,7	335	3249	-29,0	389	3916	-31,2	443	4589	-31,3
282	2672	-30,5	336	3260	-29,0	390	3929	-31,2	444	4603	-31,6
283	2683	-30,5	337	3274	-28,9	391	3942	-31,2	445	4615	-31,8
284	2694	-30,6	338	3286	-28,8	392	3954	-31,2	446	4629	-31,6
285	2704	-30,7	339	3297	-28,7	393	3966	-31,1	447	4641	-31,5
286	2716	-30,8	340	3308	-28,9	394	3979	-31,1	448	4654	-31,6
287	2726	-30,9	341	3320	-29,2	395	3990	-31,1	449	4667	-31,5
288	2738	-31,0	342	3331	-29,5	396	3990	-31,1	450	4681	-31,5
289	2748	-31,0	343	3343	-29,7	397	4017	-31,0	451	4693	-31,7
290	2759	-30,9	344	3355	-29,6	398	4017	-30,9	452	4707	-31,8
291	2772	-31,0	345	3367	-29,7	399	4029	-30,9	453	4720	-31,9
292	2784	-30,9	346	3379	-29,9	400	4042	-30,9	454	4732	-31,9
293	2795	-30,8	347	3379	-30,0	401	4054	-30,7	455	4745	-32,0
294	2805	-30,7	348	3391	-30,0	402	4067	-30,6	456	4759	-32,0
295	2816	-30,6	349	3402	-30,1	403	4080	-30,6	457	4771	-32,0
296	2827	-30,6	350	3411	-30,1	404	4092	-30,5	458	4784	-31,9
297	2837	-30,6	351	3426	-30,1	405	4103	-30,4	459	4798	-31,9
298	2847	-30,5	352	3437	-30,1	406	4118	-30,4	460	4811	-31,6
299	2856	-30,5	353	3449	-30,2	407	4130	-30,3	461	4824	-31,2
300	2868	-30,4	354	3462	-30,3	408	4144	-30,3	462	4836	-31,0
301	2879	-30,5	355	3491	-30,3	409	4156	-30,3	463	4851	-31,0
302	2890	-30,6	356	3510	-30,4	410	4168	-30,4	464	4858	-31,0
303	2901	-30,6	357	3523	-30,6	411	4182	-30,5	465	4878	-30,9
304	2912	-30,5	358	3534	-30,6	412	4195	-30,5	466	4891	-30,8
305	2922	-30,5	359	3545	-30,5	413	4208	-30,4	467	4904	-30,8
306	2933	-30,6	360	3558	-30,3	414	4219	-30,2	468	4917	-30,6
307	2944	-30,6	361	3569	-30,3	415	4232	-30,2	469	4931	-30,5
308	2955	-30,6	362	3582	-30,2	416	4244	-30,2	470	4943	-30,4
309	2966	-30,6	363	3606	-30,0	417	4257	-30,1	471	4957	-30,2
310	2976	-30,6	364	3618	-29,8	418	4269	-30,2	472	4971	-30,2
311	2987	-30,6	365	3626	-29,8	419	4294	-30,4	473	4984	-30,2
312	2998	-30,6	366	3636	-29,9	420	4294	-30,5	474	4996	-30,1
313	3010	-30,7	367	3652	-29,9	421	4307	-30,7			
314	3020	-30,7	368	3665	-30,1	422	4320	-30,8			
315	3032	-30,7	369	3677	-30,3	423	4333	-30,8			
316	3042	-30,7	370	3689	-30,4	424	4345	-30,9			
317	3042	-30,7	371	3701	-30,5	425	4358	-30,9			
318	3053	-30,6	372	3713	-30,4	426	4370	-31,1			
319	3064	-30,8	373	3725	-30,3	427	4380	-31,1			
320	3075	-30,9	374	3736	-30,2	428	4396	-31,0			
321	3085	-30,8	375	3747	-30,3	429	4409	-31,1			
322	3096	-30,6	376	3760	-30,4	430	4422	-31,2			
323	3108	-30,3	377	3772	-30,5	431	4433	-31,3			
324	3121	-30,2	378	3784	-30,6	432	4445	-31,5			

Таблиця А.2 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 2)

№ з/п	Років томV	t, С	№ з/п	Років томV	t, С	№ з/п	Років томV	t, С
1	5010	-29,9	55	5791	-30,5	109	6632	-30,8
2	5024	-29,9	56	5808	-30,7	110	6648	-30,9
3	5038	-30,2	57	5823	-30,6	111	6663	-30,9
4	5052	-30,4	58	5839	-30,5	112	6679	-30,9
5	5066	-30,3	59	5855	-30,5	113	6696	-31,0
6	5079	-30,3	60	5869	-30,6	114	6711	-30,8
7	5092	-30,2	61	5884	-30,6	115	6727	-30,6
8	5106	-30,4	62	5900	-30,5	116	6743	-30,3
9	5121	-30,3	63	5916	-30,4	117	6759	-30,1
10	5134	-30,2	64	5930	-30,4	118	6776	-30,0
11	5148	-30,1	65	5945	-30,3	119	6792	-29,7
12	5162	-30,0	66	5960	-30,2	120	6809	-29,4
13	5176	-30,0	67	5976	-30,3	121	6826	-29,4
14	5189	-30,0	68	5991	-30,3	122	6844	-29,4
15	5204	-30,0	69	6006	-30,3	123	6861	-29,2
16	5218	-30,1	70	6021	-30,2	124	6877	-29,0
17	5218	-30,1	71	6035	-30,4	125	6894	-29,0
18	5232	-30,2	72	6050	-30,6	126	6910	-29,0
19	5246	-30,2	73	6066	-30,7	127	6926	-28,8
20	5260	-30,2	74	6081	-30,8	128	6942	-28,9
21	5275	-30,3	75	6096	-30,7	129	6958	-29,1
22	5288	-30,4	76	6112	-30,5	130	6975	-29,1
23	5302	-30,5	77	6128	-30,6	131	6975	-29,2
24	5327	-30,7	78	6144	-30,6	132	6992	-29,5
25	5346	-31,0	79	6160	-30,6	133	7009	-29,9
26	5360	-31,3	80	6176	-30,7	134	7043	-30,3
27	5375	-31,4	81	6192	-30,8	135	7043	-30,3
28	5389	-31,5	82	6206	-30,9	136	7060	-30,5
29	5403	-31,5	83	6221	-30,9	137	7078	-30,7
30	5417	-31,5	84	6237	-31,0	138	7095	-30,9
31	5431	-31,5	85	6253	-31,1	139	7112	-31,0
32	5444	-31,4	86	6269	-31,1	140	7125	-31,0
33	5459	-31,2	87	6285	-30,8	141	7146	-31,1
34	5473	-31,1	88	6302	-30,7	142	7164	-31,1
35	5488	-31,0	89	6318	-30,8	143	7181	-31,3
36	5503	-30,9	90	6334	-30,8	144	7197	-31,4
37	5517	-30,9	91	6349	-30,9	145	7213	-31,4
38	5532	-30,7	92	6365	-30,9	146	7230	-31,3
39	5547	-30,5	93	6381	-30,9	147	7247	-31,1
40	5562	-30,3	94	6396	-31,0	148	7265	-31,0
41	5577	-30,1	95	6411	-31,0	149	7282	-30,8
42	5592	-30,0	96	6426	-30,9	150	7300	-30,7
43	5607	-30,1	97	6442	-30,8	151	7318	-30,6
44	5622	-30,0	98	6454	-30,7	152	7334	-30,6
45	5636	-29,9	99	6469	-30,5	153	7351	-30,5
46	5651	-29,9	100	6490	-30,6	154	7369	-30,3
47	5666	-30,0	101	6506	-30,7	155	7386	-30,2
48	5681	-30,1	102	6522	-30,9	156	7403	-30,0
49	5697	-30,2	103	6538	-31,0	157	7420	-29,9
50	5712	-30,2	104	6553	-30,9	158	7437	-29,8
51	5728	-30,3	105	6570	-30,9	159	7454	-30,0
52	5744	-30,4	106	6585	-31,1	160	7471	-30,1
53	5760	-30,4	107	6601	-31,1	161	7488	-30,1
54	5775	-30,4	108	6616	-30,9	162	7505	-30,3

Продовження таблиці А.2

№ з/п	Років томV	t, С	№ з/п	Років томV	t, С	№ з/п	Років томV	t, С
163	7522	-30,3	217	8499	-30,5	271	9556	-30,7
164	7540	-30,3	218	8519	-30,5	272	9579	-30,6
165	7557	-30,1	219	8539	-30,4	273	9601	-30,6
166	7575	-30,1	220	8558	-30,3	274	9624	-30,5
167	7592	-30,3	221	8578	-30,2	275	9647	-30,2
168	7609	-30,3	222	8597	-30,1	276	9670	-29,9
169	7626	-30,3	223	8615	-30,2	277	9694	-29,9
170	7643	-30,1	224	8633	-30,2	278	9716	-29,9
171	7660	-29,9	225	8652	-30,1	279	9741	-29,8
172	7678	-29,6	226	8671	-30,2	280	9764	-30,0
173	7695	-29,3	227	8689	-30,1	281	9787	-30,1
174	7713	-29,3	228	8708	-29,9	282	9810	-30,3
175	7731	-29,2	229	8727	-29,8	283	9834	-30,4
176	7747	-29,2	230	8748	-29,8	284	9857	-30,3
177	7765	-28,9	231	8766	-29,8	285	9880	-30,5
178	7783	-28,9	232	8785	-29,8	286	9902	-30,7
179	7800	-28,9	233	8803	-29,9	287	9925	-30,5
180	7817	-28,7	234	8822	-29,9	288	9972	-30,5
181	7835	-28,7	235	8842	-29,7	289	9996	-30,6
182	7851	-28,7	236	8862	-29,5			
183	7868	-28,9	237	8883	-29,4			
184	7886	-29,1	238	8904	-29,4			
185	7904	-29,2	239	8923	-29,4			
186	7921	-29,2	240	8942	-29,6			
187	7939	-29,1	241	8961	-29,6			
188	7957	-29,1	242	8980	-29,6			
189	7975	-29,2	243	9001	-29,7			
190	7993	-29,6	244	9021	-29,7			
191	8012	-29,9	245	9041	-29,5			
192	8029	-30,1	246	9061	-29,4			
193	8046	-30,3	247	9082	-29,6			
194	8064	-30,4	248	9101	-29,8			
195	8083	-30,6	249	9120	-30,0			
196	8101	-30,5	250	9139	-30,0			
197	8119	-30,8	251	9158	-30,1			
198	8136	-30,9	252	9178	-30,1			
199	8153	-31,4	253	9199	-30,1			
200	8171	-31,8	254	9199	-30,2			
201	8190	-32,2	255	9218	-30,3			
202	8211	-32,4	256	9238	-30,3			
203	8230	-32,4	257	9260	-30,2			
204	8251	-32,3	258	9281	-30,2			
205	8269	-32,2	259	9302	-30,1			
206	8290	-32,2	260	9323	-30,0			
207	8310	-32,1	261	9346	-30,0			
208	8330	-32,0	262	9366	-30,0			
209	8349	-32,0	263	9386	-30,0			
210	8366	-31,7	264	9408	-30,1			
211	8385	-31,4	265	9426	-30,2			
212	8405	-31,0	266	9447	-30,2			
213	8424	-30,6	267	9468	-30,3			
214	8443	-30,4	268	9489	-30,4			
215	8461	-30,3	269	9510	-30,5			
216	8480	-30,4	270	9532	-30,6			

Таблиця А.3 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 3)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	10017	-30,5	55	10720	-34,1	109	11558	-35,9	163	13205	-46,2	217	14384	-34,1
2	10028	-30,4	56	10734	-34,2	110	11576	-36,3	164	13236	-46,2	218	14401	-34,2
3	10052	-30,4	57	10747	-34,3	111	11594	-36,2	165	13262	-45,1	219	14419	-34,5
4	10064	-30,4	58	10762	-34,4	112	11611	-36,6	166	13291	-43,8	220	14436	-34,3
5	10076	-30,5	59	10762	-34,4	113	11628	-37,8	167	13316	-43,4	221	14454	-34,2
6	10100	-30,6	60	10792	-34,6	114	11647	-39,9	168	13344	-42,3	222	14470	-33,3
7	10111	-30,5	61	10806	-34,7	115	11666	-41,5	169	13366	-41,2	223	14485	-32,8
8	10123	-30,6	62	10819	-34,8	116	11666	-42,4	170	13393	-40,6	224	14500	-32,4
9	10134	-30,7	63	10819	-34,8	117	11690	-44,3	171	13416	-40,0	225	14516	-32,0
10	10147	-30,7	64	10833	-34,9	118	11723	-45,4	172	13436	-39,6	226	14532	-32,1
11	10160	-30,8	65	10847	-35,0	119	11755	-46,9	173	13460	-39,1	227	14548	-31,8
12	10173	-30,9	66	10862	-35,0	120	11790	-46,5	174	13482	-39,6	228	14565	-32,3
13	10173	-30,9	67	10877	-35,1	121	11823	-47,1	175	13504	-39,3	229	14580	-33,0
14	10186	-31,0	68	10891	-35,1	122	11857	-48,3	176	13527	-39,0	230	14596	-33,2
15	10199	-31,1	69	10921	-35,6	123	11889	-47,7	177	13547	-38,5	231	14612	-33,7
16	10212	-31,2	70	10937	-35,5	124	11922	-47,7	178	13588	-38,4	232	14629	-34,6
17	10226	-31,2	71	10951	-35,5	125	11959	-47,7	179	13605	-38,6	233	14648	-36,1
18	10239	-31,4	72	10965	-35,0	126	11993	-46,5	180	13625	-39,3	234	14669	-38,3
19	10252	-31,5	73	10980	-35,1	127	12029	-46,6	181	13625	-39,7	235	14669	-39,0
20	10264	-31,6	74	10995	-35,4	128	12063	-46,6	182	13647	-40,0	236	14688	-41,2
21	10276	-31,7	75	11011	-35,5	129	12104	-46,3	183	13672	-40,5	237	14711	-42,8
22	10288	-31,8	76	11025	-35,3	130	12140	-47,0	184	13697	-40,5	238	14749	-44,3
23	10300	-31,9	77	11039	-35,6	131	12174	-47,3	185	13720	-40,1	239	14788	-44,6
24	10313	-32,0	78	11057	-35,7	132	12213	-47,7	186	13742	-39,2	240	14824	-44,7
25	10324	-32,1	79	11071	-36,2	133	12246	-47,6	187	13762	-39,0	241	14860	-44,6
26	10336	-32,2	80	11087	-36,2	134	12280	-47,2	188	13802	-38,9	242	14897	-45,0
27	10350	-32,3	81	11101	-35,9	135	12322	-47,5	189	13821	-38,9	243	14932	-45,6
28	10364	-32,4	82	11120	-36,1	136	12322	-47,4	190	13841	-39,1	244	14968	-45,3
29	10390	-32,5	83	11135	-36,4	137	12401	-47,7	191	13862	-39,2			
30	10402	-32,6	84	11149	-36,3	138	12438	-48,3	192	13862	-39,2			
31	10414	-32,7	85	11163	-36,0	139	12475	-48,2	193	13882	-39,4			
32	10428	-32,8	86	11180	-35,4	140	12511	-48,2	194	13902	-39,4			
33	10440	-32,8	87	11197	-35,5	141	12550	-48,4	195	13924	-39,4			
34	10440	-32,8	88	11213	-35,4	142	12588	-49,0	196	13947	-38,8			
35	10453	-32,9	89	11229	-35,5	143	12628	-49,5	197	13969	-39,0			
36	10468	-32,9	90	11243	-35,4	144	12666	-49,8	198	13988	-39,7			
37	10468	-32,9	91	11258	-35,5	145	12705	-50,1	199	14010	-40,8			
38	10481	-32,9	92	11274	-35,8	146	12745	-49,5	200	14031	-41,8			
39	10494	-33,0	93	11289	-36,4	147	12779	-49,5	201	14051	-43,0			
40	10509	-33,0	94	11307	-36,4	148	12817	-49,6	202	14081	-42,6			
41	10522	-33,1	95	11324	-37,7	149	12854	-49,2	203	14110	-41,6			
42	10537	-33,2	96	11339	-37,8	150	12887	-48,0	204	14131	-40,3			
43	10551	-33,2	97	11354	-38,4	151	12920	-45,9	205	14171	-39,4			
44	10565	-33,3	98	11371	-38,8	152	12948	-44,1	206	14187	-38,4			
45	10580	-33,3	99	11389	-39,4	153	12973	-42,1	207	14206	-38,4			
46	10593	-33,3	100	11408	-39,5	154	12993	-41,4	208	14225	-38,2			
47	10606	-33,4	101	11427	-38,8	155	13014	-41,2	209	14244	-37,7			
48	10620	-33,5	102	11446	-38,8	156	13035	-41,1	210	14261	-37,2			
49	10634	-33,6	103	11462	-38,0	157	13055	-41,6	211	14281	-36,4			
50	10648	-33,6	104	11479	-37,3	158	13079	-41,9	212	14299	-35,8			
51	10662	-33,8	105	11496	-36,6	159	13102	-43,1	213	14318	-34,9			
52	10678	-33,9	106	11512	-36,6	160	13122	-44,3	214	14334	-34,4			
53	10692	-33,9	107	11527	-36,5	161	13145	-45,0	215	14352	-34,3			
54	10706	-34,0	108	11542	-35,9	162	13173	-45,8	216	14369	-34,3			

Таблиця А.4 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 4)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	15001	-45,1	55	17083	-47,6	109	19602	-45,1
2	15035	-45,2	56	17127	-48,2	110	19658	-45,4
3	15074	-44,7	57	17169	-47,8	111	19708	-45,6
4	15108	-44,3	58	17245	-45,8	112	19761	-46,0
5	15142	-43,6	59	17284	-45,0	113	19812	-45,9
6	15176	-42,9	60	17284	-44,6	114	19858	-46,6
7	15214	-43,4	61	17333	-44,8	115	19904	-46,0
8	15250	-43,4	62	17374	-44,7	116	19954	-45,9
9	15292	-44,1	63	17416	-43,8			
10	15292	-44,7	64	17458	-44,8			
11	15333	-44,8	65	17503	-44,7			
12	15375	-45,1	66	17548	-44,7			
13	15420	-45,5	67	17593	-43,5			
14	15500	-45,3	68	17638	-44,2			
15	15535	-45,3	69	17684	-44,8			
16	15579	-45,0	70	17730	-45,8			
17	15579	-44,8	71	17776	-46,3			
18	15618	-46,0	72	17821	-45,9			
19	15660	-47,5	73	17869	-44,9			
20	15740	-47,2	74	17920	-43,6			
21	15740	-46,7	75	17970	-43,3			
22	15784	-46,6	76	18019	-43,9			
23	15825	-47,5	77	18071	-44,5			
24	15903	-48,9	78	18116	-44,7			
25	15946	-49,3	79	18165	-44,3			
26	15946	-49,5	80	18216	-43,6			
27	15990	-48,5	81	18266	-44,0			
28	16033	-47,1	82	18317	-44,5			
29	16072	-45,7	83	18360	-44,1			
30	16115	-45,2	84	18408	-44,1			
31	16159	-45,6	85	18464	-43,5			
32	16236	-45,7	86	18514	-44,9			
33	16274	-46,2	87	18563	-45,1			
34	16314	-45,7	88	18610	-46,0			
35	16348	-45,8	89	18663	-44,4			
36	16389	-45,8	90	18715	-43,9			
37	16389	-45,5	91	18767	-43,3			
38	16465	-46,3	92	18819	-43,9			
39	16465	-46,6	93	18877	-43,6			
40	16510	-47,2	94	18927	-43,3			
41	16553	-47,6	95	18980	-43,2			
42	16629	-47,1	96	19033	-43,8			
43	16662	-46,9	97	19077	-43,8			
44	16702	-47,5	98	19126	-43,8			
45	16740	-47,1	99	19167	-43,0			
46	16773	-47,3	100	19210	-42,7			
47	16813	-45,9	101	19253	-42,9			
48	16845	-45,3	102	19293	-43,7			
49	16885	-45,7	103	19336	-44,6			
50	16919	-45,1	104	19382	-45,1			
51	16960	-47,1	105	19422	-45,0			
52	16998	-47,4	106	19466	-45,4			
53	16998	-47,5	107	19511	-45,5			
54	17042	-48,4	108	19560	-45,3			

Таблиця А.5 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 5)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	20007	-45,3	55	22871	-47,1
2	20051	-45,7	56	22926	-44,7
3	20099	-46,4	57	22974	-43,8
4	20144	-46,5	58	23028	-45,4
5	20188	-47,0	59	23082	-47,8
6	20233	-47,5	60	23133	-49,5
7	20281	-48,3	61	23185	-49,3
8	20331	-48,4	62	23247	-49,0
9	20376	-46,8	63	23297	-46,1
10	20425	-45,1	64	23341	-43,2
11	20478	-45,1	65	23392	-42,2
12	20526	-45,0	66	23444	-44,0
13	20572	-45,5	67	23505	-47,8
14	20621	-44,5	68	23566	-49,5
15	20671	-45,6	69	23630	-51,2
16	20721	-46,6	70	23694	-51,2
17	20774	-47,5	71	23753	-52,5
18	20830	-47,2	72	23814	-52,3
19	20877	-47,6	73	23874	-52,9
20	20926	-48,0	74	23934	-52,9
21	20982	-48,5	75	23986	-53,1
22	21036	-48,4	76	24038	-53,4
23	21087	-48,8	77	24098	-53,4
24	21137	-49,0	78	24153	-53,1
25	21191	-49,2	79	24208	-52,5
26	21239	-49,7	80	24267	-51,3
27	21292	-50,6	81	24337	-50,5
28	21345	-50,5	82	24401	-49,6
29	21396	-49,9	83	24463	-48,5
30	21449	-49,1	84	24531	-49,0
31	21502	-49,6	85	24591	-49,3
32	21556	-49,9	86	24653	-51,3
33	21612	-50,5	87	24714	-50,6
34	21671	-49,3	88	24780	-51,6
35	21727	-49,0	89	24841	-50,7
36	21793	-48,1	90	24910	-51,0
37	21856	-49,2	91	24976	-48,4
38	21916	-48,8	92	25037	-47,4
39	21980	-49,2	93	25099	-47,4
40	22036	-48,7	94	25164	-49,0
41	22091	-48,6	95	25229	-49,7
42	22139	-48,1	96	25294	-50,0
43	22187	-47,5	97	25361	-49,5
44	22252	-48,0	98	25426	-49,6
45	22299	-48,8	99	25495	-50,4
46	22360	-49,5	100	25563	-52,1
47	22421	-48,9	101	25630	-53,5
48	22481	-48,2	102	25700	-52,8
49	22538	-48,2	103	25766	-51,4
50	22595	-48,9	104	25831	-49,6
51	22650	-49,0	105	25901	-49,8
52	22707	-48,6	106	25973	-49,9
53	22763	-48,3			
54	22815	-48,1			

Таблиця А.6 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 6)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	26043	-50,3	55	29375	-50,5
2	26110	-48,5	56	29437	-50,8
3	26175	-48,3	57	29506	-51,5
4	26242	-47,4	58	29586	-51,7
5	26309	-48,7	59	29662	-52,6
6	26374	-49,1	60	29744	-53,6
7	26445	-49,8	61	29817	-53,0
8	26513	-49,5	62	29878	-53,3
9	26583	-48,7	63	29938	-53,3
10	26647	-49,2			
11	26710	-49,4			
12	26768	-50,0			
13	26831	-48,8			
14	26892	-48,1			
15	26956	-48,6			
16	27018	-48,7			
17	27085	-48,8			
18	27145	-48,1			
19	27207	-48,6			
20	27277	-49,4			
21	27346	-49,6			
22	27419	-48,7			
23	27489	-45,7			
24	27559	-43,2			
25	27614	-41,0			
26	27671	-40,8			
27	27720	-39,6			
28	27774	-38,7			
29	27828	-38,3			
30	27882	-41,4			
31	27944	-45,2			
32	28025	-48,3			
33	28104	-50,4			
34	28181	-50,7			
35	28255	-51,4			
36	28325	-50,6			
37	28392	-49,6			
38	28455	-49,1			
39	28517	-49,9			
40	28578	-50,9			
41	28628	-50,6			
42	28687	-47,4			
43	28742	-44,6			
44	28789	-41,8			
45	28836	-41,7			
46	28881	-40,4			
47	28929	-40,2			
48	28979	-39,1			
49	29028	-41,7			
50	29071	-44,7			
51	29125	-48,7			
52	29187	-50,5			
53	29253	-50,9			
54	29315	-50,1			

Таблиця А.7 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 7)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	30005	-53,2	55	33493	-41,6
2	30070	-52,4	56	33558	-40,9
3	30140	-53,1	57	33625	-43,1
4	30206	-52,9	58	33691	-47,0
5	30271	-52,4	59	33759	-49,6
6	30336	-51,0	60	33829	-49,3
7	30401	-50,9	61	33894	-49,2
8	30468	-50,2	62	33960	-49,3
9	30536	-49,2	63	34026	-49,6
10	30596	-49,4	64	34092	-49,5
11	30657	-49,7	65	34158	-50,2
12	30721	-51,6	66	34224	-50,5
13	30783	-51,8	67	34284	-50,9
14	30852	-52,6	68	34348	-50,4
15	30914	-52,2	69	34415	-50,6
16	30980	-51,3	70	34474	-49,2
17	31046	-51,5	71	34534	-47,9
18	31113	-51,5	72	34584	-45,8
19	31178	-52,3	73	34629	-45,3
20	31241	-52,5	74	34685	-45,3
21	31305	-52,0	75	34733	-45,4
22	31369	-52,2	76	34782	-45,6
23	31433	-51,5	77	34830	-44,3
24	31497	-51,7	78	34879	-43,3
25	31559	-51,0	79	34922	-42,0
26	31619	-50,1	80	34965	-41,4
27	31681	-48,7			
28	31746	-47,4			
29	31806	-46,4			
30	31866	-44,9			
31	31926	-44,0			
32	31981	-42,8			
33	32041	-42,4			
34	32099	-41,4			
35	32161	-41,0			
36	32221	-40,7			
37	32283	-41,6			
38	32346	-45,0			
39	32410	-48,0			
40	32476	-50,9			
41	32544	-51,4			
42	32609	-52,2			
43	32676	-52,3			
44	32745	-53,0			
45	32815	-53,2			
46	32883	-53,0			
47	32951	-52,8			
48	33019	-51,3			
49	33082	-48,9			
50	33151	-45,6			
51	33220	-43,9			
52	33289	-43,1			
53	33357	-43,0			
54	33425	-42,8			

Таблиця А.8 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 8)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	35010	-40,8	55	37968	-39,4
2	35058	-41,3	56	38031	-39,4
3	35100	-41,3	57	38100	-38,6
4	35141	-41,0	58	38170	-38,0
5	35185	-40,1	59	38239	-37,5
6	35223	-40,3	60	38307	-37,3
7	35270	-41,4	61	38358	-37,8
8	35308	-45,0	62	38413	-41,1
9	35362	-48,6	63	38470	-44,6
10	35423	-50,5	64	38537	-48,2
11	35485	-50,9	65	38603	-48,9
12	35547	-50,9	66	38677	-49,8
13	35609	-51,2	67	38749	-50,0
14	35671	-52,6	68	38831	-50,3
15	35744	-52,8	69	38909	-51,1
16	35808	-53,0	70	38990	-51,3
17	35865	-51,5	71	39064	-51,0
18	35923	-51,2	72	39142	-50,7
19	35981	-51,6	73	39221	-50,8
20	36044	-51,4	74	39302	-50,5
21	36099	-50,8	75	39385	-50,4
22	36154	-50,3	76	39469	-49,9
23	36209	-49,1	77	39551	-50,7
24	36264	-47,2	78	39630	-51,9
25	36312	-45,2	79	39716	-52,0
26	36366	-44,5	80	39809	-51,1
27	36414	-43,8	81	39890	-51,0
28	36464	-44,7	82	39971	-50,4
29	36519	-45,4			
30	36574	-46,6			
31	36629	-46,4			
32	36690	-45,6			
33	36747	-45,0			
34	36807	-43,1			
35	36860	-42,2			
36	36912	-41,6			
37	36965	-41,3			
38	37019	-41,5			
39	37073	-41,6			
40	37127	-41,6			
41	37181	-41,1			
42	37230	-40,4			
43	37285	-40,3			
44	37342	-40,6			
45	37397	-40,6			
46	37452	-40,7			
47	37507	-40,5			
48	37557	-40,4			
49	37612	-40,0			
50	37668	-39,0			
51	37722	-38,9			
52	37779	-38,9			
53	37842	-39,2			
54	37905	-39,1			

Таблиця А.9 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 9)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	40044	-48,1	55	42751	-52,0
2	40106	-46,1	56	42814	-51,8
3	40172	-44,1	57	42877	-51,4
4	40232	-45,3	58	42943	-50,8
5	40288	-46,6	59	43005	-50,6
6	40357	-48,1	60	43069	-50,7
7	40409	-48,2	61	43123	-50,3
8	40460	-48,6	62	43180	-49,6
9	40506	-49,4	63	43241	-47,3
10	40558	-49,3	64	43295	-44,9
11	40600	-50,7	65	43343	-43,3
12	40644	-49,9	66	43394	-44,4
13	40687	-49,5	67	43451	-45,4
14	40726	-47,5	68	43515	-46,0
15	40775	-45,9	69	43570	-45,5
16	40819	-44,1	70	43631	-45,4
17	40861	-42,8	71	43687	-45,1
18	40903	-43,0	72	43748	-45,4
19	40954	-43,4	73	43808	-44,9
20	41002	-43,1	74	43863	-44,4
21	41047	-42,2	75	43925	-43,6
22	41084	-40,9	76	43982	-43,6
23	41129	-40,3	77	44041	-44,1
24	41170	-42,0	78	44093	-44,1
25	41210	-44,9	79	44149	-43,3
26	41261	-48,2	80	44202	-42,3
27	41312	-49,3	81	44248	-41,6
28	41363	-50,0	82	44294	-41,0
29	41419	-50,4	83	44337	-40,6
30	41471	-50,9	84	44382	-40,4
31	41535	-51,2	85	44431	-40,4
32	41582	-51,2	86	44477	-40,7
33	41634	-49,8	87	44530	-40,3
34	41683	-47,4	88	44580	-40,2
35	41733	-45,5	89	44621	-39,8
36	41783	-45,1	90	44667	-39,8
37	41840	-45,7	91	44714	-39,8
38	41895	-45,4	92	44755	-39,3
39	41946	-45,0	93	44799	-39,0
40	42002	-43,8	94	44843	-38,6
41	42052	-42,6	95	44888	-38,5
42	42100	-41,5	96	44933	-38,0
43	42153	-41,3	97	44979	-37,9
44	42196	-41,6			
45	42246	-41,5			
46	42296	-40,8			
47	42347	-40,4			
48	42390	-40,1			
49	42431	-40,8			
50	42479	-40,6			
51	42524	-41,5			
52	42572	-44,2			
53	42619	-48,1			
54	42686	-51,2			

Таблиця А.10 – Реконструйовані дані температури повітря в Гренландії (Варіант № 10)

№ з/п	Років тому	t, С	№ з/п	Років тому	t, С
1	45025	-38,1	55	48377	-44,0
2	45066	-37,8	56	48438	-44,3
3	45145	-37,5	57	48499	-44,4
4	45189	-37,1	58	48570	-44,3
5	45189	-37,5	59	48638	-44,2
6	45235	-36,9	60	48709	-44,0
7	45277	-36,4	61	48769	-43,8
8	45321	-35,8	62	48833	-43,2
9	45398	-39,2	63	48901	-42,8
10	45440	-42,5	64	48964	-42,9
11	45440	-44,9	65	49026	-43,6
12	45500	-49,1	66	49095	-43,8
13	45558	-49,4	67	49167	-43,1
14	45623	-49,0	68	49228	-41,7
15	45693	-48,2	69	49293	-41,4
16	45759	-47,9	70	49358	-41,4
17	45825	-47,9	71	49418	-41,6
18	45897	-48,9	72	49470	-41,5
19	45977	-49,1	73	49521	-41,2
20	46062	-49,6	74	49579	-41,0
21	46153	-49,2	75	49635	-40,7
22	46232	-49,5	76	49690	-40,5
23	46312	-49,7	77	49746	-40,6
24	46401	-49,3	78	49806	-40,3
25	46482	-47,5	79	49868	-40,1
26	46569	-44,8	80	49922	-39,8
27	46638	-45,1	81	49981	-40,0
28	46702	-45,3			
29	46759	-44,3			
30	46826	-43,2			
31	46892	-42,2			
32	46949	-41,8			
33	47004	-42,8			
34	47064	-42,9			
35	47124	-42,5			
36	47184	-42,3			
37	47230	-44,7			
38	47283	-46,8			
39	47345	-47,5			
40	47429	-46,7			
41	47504	-44,4			
42	47567	-43,9			
43	47626	-44,4			
44	47687	-45,2			
45	47742	-45,1			
46	47805	-44,8			
47	47868	-45,0			
48	47930	-44,9			
49	47992	-44,8			
50	48059	-44,3			
51	48121	-44,1			
52	48189	-44,0			
53	48251	-43,6			
54	48317	-43,7			