

УДК 902.6(045)

Остапенко В. В.*Національний авіаційний університет, Київ***ДАТУВАННЯ В АРХЕОЛОГІЇ**

Стаття присвячена питанням датування та його різновидам. Дослідження даного питання дозволить нам дослідити переваги та недоліки кожного з методів датування.

Археологія – наука, що вивчає за речовими джерелами знаряддя виробництва і створені з їх допомогою матеріальні блага: споруди, зброю, прикраси, посуд, твори мистецтва – все те, що є результатом трудової діяльності людини.

Вся історія народів, що передувала появі писемності, може бути вивчена лише за речовими пам'ятками. Враховуючи, що люди існують на нашій планеті близько 3 млн. років, дописемна історія, або, як її ще називають дослідники, передісторія, складає в цілому 99,998 % історії людства. Іншими словами, більша частина історії людства досліджується лише за археологічними даними, і лише 0,002 % – за писемними джерелами. Але речові пам'ятки на відміну від писемних не містять прямої розповіді про історичні події, і засновані на них висновки – результат наукової реконструкції.

Головне завдання археолога – отримати максимум інформації з предметів, комплексів, знайдених під час розкопок. При цьому першим питанням, що виникає у вченого на початку дослідницького процесу є питання визначення часу до якого належить той чи інший об'єкт минулого. Таким чином, однією із найскладніших проблем в археології є проблема датування.

Фактору часу відводиться найголовніша роль в археології і практикується декілька способів його визначення. Відрізняють два типи хронології: абсолютний та відносний. До абсолютної хронології відносять такі методи, як: дендрохронологічний, радіовуглецевий, археомагнітний та термолюмінесцентний. В свою чергу до відносної хронології належать типологічний та стратиграфічний методи.

Таблиця 1

Типи хронології	
Абсолютна	Відносна
<ul style="list-style-type: none"> • Дендрохронологія (1894 р.) • Термолюмінесцентний метод (1953 р.) • Археомагнітний метод • Радіоізотопні методи: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Свинцевий ➤ Аргоновий ➤ Радіовуглецевий (1947 р.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Типологічний метод (2-га половина 19 ст.) • Стратиграфічний метод (кінець 19 – початок 20 ст.)

Стратиграфія в археології – це порядок чергування нашарувань культурного шару по відношенню один до одного. Стратиграфія необхідна для встановлення відносного датування верств, прошарків (а також споруд, поховань, речей). Особливо велике значення вона має у випадках, коли природний порядок шарів порушений: перекопами, обвалами, зсувами, ерозією і т.п. За допомогою даних стратиграфії була встановлена відносна, а потім і абсолютна хронологія кам'яного століття.

Типологічний метод в археології, метод систематизації і хронологізації археологічних пам'яток; Він заснований на класифікації древніх речей (зброї, знарядь праці, прикрас, судин і т. п.) за матеріалом, способом обробки, формою і орнаментом. Речі одного типу, тобто одного і того ж призначення, однорідні по вигляду, але що відрізняються в деталях, розміщують в типологічні еволюційні ряди, зіставлення яких дає можливість виявити групи предметів, характерних для певної епохи. Типологічні ряди будуються

також для споруд, могил і інших археологічних об'єктів.

Повернемось до абсолютних методів. Одним із відомих методів є дендрохронологія.

Дендрохронологія або датування деревних кілець це науковий метод датування, що базується на аналізі росту річних кілець дерев. Ця техніка дозволяє датувати деревину з точністю до календарного року. Зіставлення послідовності річних кілець, що збереглися в дерев'яному предметі, і зразків, датування яких відома, дозволяє вибрати зразок зі співпадаючим набором річних кілець і, таким чином, визначити, у який період було спиляне дерево, з якого виготовлений предмет. Таке зіставлення і є, властиво, дендрохронологічне датування.

За допомогою дендрохронологічного методу можна побудувати абсолютні і відносні шкали датувань. У тому випадку, якщо відомий точний (абсолютний) час життя одного з поколінь дерев, що беруть участь у датуванні, та шкала, що вийшла, буде абсолютною. За допомогою абсолютної шкали датувань можна визначати вік дерев'яних предметів практично із 100 % надійністю. У деяких випадках вдається побудувати фрагменти дендрохронологічної шкали, опираючись на фрагменти деревини, датовані іншим способом (наприклад, колоди зі стіни будови, дата будівлі якого відома з історичних документів). У таких випадках шкала, що вийшла, буде вже не абсолютною, а відносною.

Термолюмінесцентний метод — метод датування керамічних виробів, в якому використовується явище термолюмінесценції - світіння матеріалів при нагріванні. Термолюмінесценція виникає при попередньому збудженні матеріалу іонізуючим випромінюванням, світлом або механічними напруженнями. При цьому в матеріалі накопичуються захоплені в пастки носії заряду. При нагріванні носії заряду звільнюються з пасток і рекомбінують із випромінюванням світла. Зокрема, явище накопичення носіїв заряду відбувається в глині внаслідок природної радіації. При випалі вони зникають, а потім знову розпочинається їх накопичення. Чим більше часу пройшло з моменту виготовлення глиняної речі, тим більше накопичується носіїв заряду. Вимірювання інтенсивності люмінесценції надає змогу визначити час виготовлення глиняної речі.

Археоманітний метод заснований на тому, що глина здатна намагнічуватися, та варто її обпалити, як магнітне поле в ній як би застигає і

утворюється термостатична намагніченість. Вимірявши напрями і силу магнітного поля і знаючи подорож магнітних полюсів Землі, можна встановити час випалення цеглини або кераміки.

Ізотопна хронологія – визначення абсолютного віку гірських порід, мінералів та Землі в цілому по накопиченні в них продуктів розпаду радіоактивних нуклідів. Ідея ізотопної хронології належить Кюрі та Резерфорду. Перші успішні були виконані у 1947 році Уїллардом Ліббі.

При ізотопній хронології враховують, що радіоактивний розпад кожного радіонукліда відбувається з постійною швидкістю. Він приводить до накопичення кінцевих стабільних нуклідів, вміст яких D зв'язаний з віком t об'єкта, що досліджується співвідношенням

$$D = P(e^{\lambda t} - 1)$$

де P – число атомів радіонукліда, λ - постійна розпаду. Звідси

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(1 + \frac{D}{P}\right)$$

В ізотопній хронології найбільш розповсюджені свинцевий, аргоновий, стронцієвий та вуглецевий методи. Аргоновий метод базується на радіогенному накопиченні Аргону в калієвих мінералах.

Для оцінки віку об'єктів менше 60 000 років використовують радіовуглецевий метод. Вуглець 14 з'являється, коли космічні промені вибивають нейтрони з ядер у верхніх шарах атмосфери. Ці витіснені нейтрони, рухомі і дуже швидко, стикаються зі звичайним азотом (^{14}N) на низьких висотах, перетворюючи його в вуглець 14 (^{14}C). ^{14}C не стабільний і повільно розпадається, перетворюючись назад на азот і звільняючи енергію. Ця нестабільність робить його радіоактивним. Звичайний вуглець (^{12}C) міститься в діоксиді вуглецю в повітрі, який виділяється рослинами, які в свою чергу поїдаються тваринами. Так, кістка або лист або дерево, або навіть шматок дерев'яних меблів, містить вуглець. Коли ^{14}C вже сформувався, так само як і звичайний вуглець, він з'єднується з киснем і дає діоксид вуглецю ($^{14}\text{CO}_2$), і він циркулює по клітинах рослин і тварин. Однак, як тільки рослина або тварина помирає, атоми ^{14}C , які розкладаються, більше не замінюються. Іншими словами, відношення $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ стає менше. Отже, ми маємо годинник, які починають йти, коли щось вмирає.

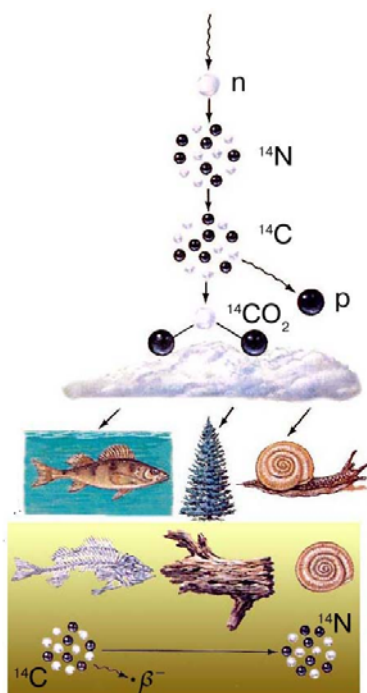


Рис. 1. Утворення ізотопу ^{14}C

Оскільки для органічних предметів можливе застосування обох методів – органічного та не-

органічного – то цікаво порівняти їх результати, наведені в табл. 2 (вік у тис. років).

Таблиця 2

Предмет	Органічний метод (радіо-вуглецевий)	Неорганічні методи
Шаблезубий тигр	28	100-1000
Мамонт	11	20-35
Природний газ	14	50000
Кам'яне вугілля	1680	100000

Бачимо, що при використанні радіо вуглецевого методу виникає низка неточностей. Однією із причин їх виникнення може бути неправильне поводження з артефактами, тому необхідно дотримуватись певних правил.

Зокрема, під час взяття проб археологічних викопних решток необхідно строго дотримуватися всіх запобіжних заходів: ніхто не має права курити, пробу необхідно очистити стерильними інструментами, не можна доторкатися долонями, не можна загортати в папір або який-небудь матеріал органічного походження, і вона повинна піддаватися аналізу тільки в лабораторних умовах та якнайшвидше.

При всьому цьому важливо мати достатню кількість матеріалу, необхідного для повноцінного аналізу:

- деревне вугілля – в середньому 150 г (якщо вугілля малозольні, вистачить 100-150 г, а зольного слід взяти 250-500 г);
- деревина – в середньому 500-600 г (при цьому гарний зразок може важити 300-500 г, поганий деревини бажано взяти побільше, до 1,5 кг);
- торф – близько 2-2,5 кг;
- "Молода" кістка – 2,5-5,0 кг, стара (викопна) – 12-15 кг;
- поховальний ґрунт – не менше 3,0 кг;
- черепашки (мушлі) – 350-400 г.

Найяскравішим прикладом датування радіовуглецевого методу є датування Туринської плащаниці. У силу її високої цінності як найбільшої святині Християнської Церкви вчені ма-

ли можливість лише один раз дослідження з визначення абсолютного віку Плащаниці. 21 квітня 1988 від Плащаниці був відрізаний шматочок розміром близько 7 см². Зразок був розділений на три частини, які були передані разом із зразками порівняння в лабораторії радіо вуглецевого аналізу Аризонського університету (США), Оксфордського університету (Анг-

лія) і Федерального політехнічного інституту в Цюріху (Швейцарія).

У повній відповідності з прийнятими в радіо-вуглецевих дослідженнях методиками, ретельно і абсолютно незалежно вчені цих лабораторій провели дослідження і визначили вік Плащаниці. Отримані при цьому результати представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Лабораторія	Вік в роках (до 1950 року)	Календарний рік
Арізона	646 ± 31	1304 ± 31
Оксфорд	750 ± 30	1200 ± 30
Цюріх	676 ± 24	1274 ± 24

Після усереднення всіх даних і калібрування по варіацій змісту ізотопу ¹⁴C в атмосфері дослідники прийшли до висновку, що вік Плащаниці з імовірністю 0,95 знаходиться в інтервалі 1260–1390 рр.

На жаль на точність вимірювання складу та кількості радіоізотопів впливає багато різноманітних факторів, а саме:

- рослини мають тенденцію до зменшення кількості діоксиду вуглецю, що містить ¹⁴C. Таким чином, вони вбирають менше, ніж очікувалося і виходить, що при тестуванні вони мають більший вік, ніж є насправді;

- відношення ¹⁴C/¹²C в атмосфері не завжди було постійним. Наприклад, воно було вищим перед промисловою революцією, коли викопне паливо звільнило велику кількість діоксиду вуглецю, що різко зменшило ¹⁴C в цьому відношенні. Потім був підйом вмісту ¹⁴CO₂ з приходом ери випробувань атомних бомб у 1950х роках;

- сила земних магнітних полів впливає на кількість космічних променів, що входять в атмосферу. Чим сильніше магнітне поле відхиляє, тим більше космічних променів віддаляється від

землі. У цілому, енергія земних магнітних полів зменшилася, таким чином зараз створюється більша кількість ¹⁴C, ніж у минулому. Це робить старі речі старішими, ніж вони є насправді;

- по смерті організму, його тканини не виходять з вуглецевого обміну, беручи участь у процесах гниття і дифузії.

На сьогоднішній день для радіовуглецевого датування точність вимірювання вмісту радіовуглецю у зразках становить від 0,1 до 1,0 %, похибка оцінки віку зразків – від 70 до 300 років. Проте у майбутньому існує перспектива підвищення точності радіовуглецевого методу, шляхом використання нанотехнологій. Ці технології базуються на досягненнях сучасної мікроскопії, яка з 80-х років ХХ століття поповнилась новими мікроскопами (растровий електронний мікроскоп, атомно-силовий мікроскоп, скануючий зондовий мікроскоп). Саме нанотехнології дадуть змогу буквально підрахувати кількість радіоізотопів в тому чи іншому артефакті, що в свою чергу дасть нам впевненість у правильності отриманого результату досліджень.

Науковий керівник – Пустовойтов М. О., канд. фіз.-мат. наук., доц.