

V региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»

Секция
«Историческое моделирование»

Методы датирования в исторической науке

Выполнил:

Воронцов Сергей Алексеевич
ученик 11 «В» класса ГОУ ЯО
«Лицей №86», г. Ярославля

Научный руководитель:

Кангина Ольга Николаевна
учитель истории и
обществознания ГОУ ЯО
«Лицей №86», г. Ярославля

г. Ярославль 2024 г.

Содержание

Введение ...	3
1. Историографическое исследование	5
2. Общее сравнение методов хронологического исследования	7
3. Перспективы использования радиоуглеродного датирования в будущем	10
Заключение	13
Список используемой литературы	15
Приложение.....	17

Введение

Современная наука предоставляет широкие возможности для исследования разнообразных источников. Историки в своих выводах часто опираются на данные, которые представляют смежные науки и разнообразные методы датирования как материальных, так письменных источников, включая нарративные¹. Так, новые способы определения возраста органических объектов помогли пролить ясность по вопросу о «яванском человеке»². Для того, чтобы историческая наука могла делать объективные выводы о прошлом, необходим комплекс методов, который позволит произвести корректную датировку. Вопрос о методах хронологических исследований представляется актуальным и важным для современного историка.

Актуальность исследования определяется так же сложностью археологических раскопок и большому количеству современных техник. Несмотря на технический прогресс в мире остается множество неразрешенных исторических задач, как глобальных так и наиболее мелких, локальных. Изыскание правды о жизни предков, поиск их ошибок, недочетов, которые в будущем не должны повториться, и является сутью археологии как вспомогательной для истории науки. И основным инструментом археолога в определении правды является изучение материальных источников, различных экспонатов, ископаемых, окаменелостей и т.д.

Хронологические исследования могут столкнуться с рядом проблем и ограничений, которые могут затруднить точное определение временных рамок и последовательности событий. Некоторые из основных проблем хронологических исследований определяются следующим кругом вопросов:

¹ К нарративным источникам относятся летописи, хроники, хронографы, жития, сказания, мемуары, письма. Известны случаи подделок средневековых летописей, которые были выявлены при применении современных технологий.

² Дробышевский С. В. Homo erectus: не прямые дороги человека прямоходящего // Достающее звено. Книга 2. Люди. — М.: ЛКИ, 2017. — С. 34; См.: Приложения: приложение 2, рис. 1.

1. Источники данных: ограниченность доступных источников данных может ограничить исследовательские возможности и повлиять на достоверность результатов исследования.
2. Фальсификация источников: некоторые источники данных могут быть поддельными или недостоверными, что может привести к ошибочным выводам при составлении хронологии.
3. Отсутствие точных датировок: в некоторых случаях может быть сложно точно определить временные рамки событий из-за отсутствия достаточных данных или точных датировок.
4. Интерпретация данных: различные исследователи могут придерживаться различных теорий и подходов к интерпретации данных, что может привести к различным результатам исследования.
5. Субъективность: хронологические исследования могут быть подвержены субъективным мнениям и предвзятым взглядам исследователей, что может исказить результаты исследования.

В целом, хронологические исследования требуют тщательного анализа и проверки данных, чтобы избежать ошибок и дать точное представление о временных рамках и последовательности событий.

Целью работы является рассмотрение методов хронологического датирования для формирования представления о наиболее точных.

Задачи:

1. Изучение существующей литературы по данной тематике.
2. Рассмотрение каждого метода в отдельности.
3. Сравнение свойств, характеристик, перспектив анализа различными методами.
4. Составление сводной таблицы с изложением краткой сути, плюсов и минусов каждой из методик.

Методы работы: общетеоретические (анализ и синтез), специальный: проблемно-хронологический.

Глава 1. Историографическое исследование

Пожалуй, самое первое представление об истории как науке – даты. Огромное количество цифр, означающих конкретный момент в истории, конкретное время произошедшего события. Важность датировки того или иного явления не могла не найти отклик в исторической науке. Важным методом датирования является изучение исторических источников (источниковедение).

Впервые подобные методы в нашей стране применил Н. М. Карамзин в далёких XVIII-XIX веках. Карамзин в своей "Истории государства Российского" обращается к изучаемому на тот момент летописному своду из различных местностей, что позволило на основе сравнения выявлять исторические неточности и устранять их³. Новаторская методика впоследствии будет перенята у Карамзина и другими отечественными историками. Исследование летописей также получили толчок после обнаружения псковских берестяных грамот в середине прошлого столетия. Группа советские учёных натолкнулась на совершенно новые образцы русской письменности. Так на примере изучения летописного свода можно заметить активность изучения проблемы хронологии, а также входящим в неё хронографии и историографии. Среди современных монографий можно отметить ряд научных статей и монографий ученых из Алтайского филиала РАНХиГС - Ивановой Н. П. и Цыба С. В. В их статьях⁴ рассматриваются различные методы хронологического датирования с привлечением источниковедческих и историографических методов. Также важно отметить их вклад в изучении пасхалий- дат согласно древнерусскому церковному календарю (ведь, как известно, раньше многие даты относительно дней и месяцев записывались как оставшееся до или после церковного праздника

³ Карамзин Н.М. История государства Российского: XII тт. в 4 кн. Кн.1. История государства Российского: Т.I-III/ Н.М.Карамзин; Сост. А.М.Кузнецов; А.Ф.Смирнов; Ил. И.А.Цыганков.-М.: Рипол классик, 1998.- С. 56.

⁴ Методика исследований по материалам Новгородских летописей // Cyberleninka. ru URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-istoriko-hronologicheskogo-issledovaniya-po-materialam-novgorodskih-letopisey/viewer> (дата обращения: 24.01.24).

время, например "седьмого числа от Преображения"⁵). Множество советских авторов посвящали свои работы данной проблематике – И.Ф. Полак «Изменение календаря» (1918), «Время и календарь» (1928); Н.И. Идельсон «История календаря» (1925); В.А. Россовская «Календарная даль веков» (1936); В.К. Никольский «Происхождение нашего летоисчисления» (1938). С середины 30-х гг. хронология как вспомогательная историческая дисциплина стала преподаваться в вузах.

Хронография же во многом опирается на археологические и историко-химические методы. В частности, к таким методам относится радиоуглеродное датирование (измерение кол-ва изотопа углерода C-14 в изучаемом предмете) , изобретенное У. Лобби в 1946 г. (за открытие учёный получил Нобелевскую премию в 1960) . Указанное открытие является примером связи нескольких наук сразу – история, физика и химия. Указанный метод изучается также учениками многих школ (в т. ч. в Лицее № 86) - к примеру, он изложен в учебнике "Физика 10-11 класс. Профильный уровень" за авторством В.А. Касьянова, а также в теме "Изотопы" рассматривается интернет-уроками РЭШ⁶ и Школково⁷.

⁵ Пасхальные хронологические элементы в новгородском летописании // Cyberleninka. ru URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pashalnye-hronologicheskie-elementy-v-novgorodskom-letopisanii-predvaritelnyy-analiz> (дата обращения: 24.01.24).

⁶ Урок 24 "Изотопы" // resh. ru URL: <https://resh.edu.ru/subject/lesson/3889/main/> (дата обращения: 24.01.24).

⁷ Задачи 52754-Электромагнетизм // Schoolkovo URL: <https://3.shkolkovo.online/catalog/3148/52754?SubjectId=33> (дата обращения: 24.01.24).

Глава 2. Общее сравнение методов хронологического исследования

- **Археологический метод**

Основан на изучении артефактов и других материальных остатков, найденных на месте раскопок. Позволяет определить временной интервал, когда объект был создан или использован. Недостатком является то, что артефакты могут быть перемещены или повреждены со временем⁸.

- **Радиоуглеродные методы**

Основаны на распаде радиоактивных изотопов (чаще всего под этим понимается С-14) в останках органического происхождения. Позволяют установить точную дату объекта с погрешностью от 24 лет (события ~XV века) до 2000-2.500 лет (датирование наиболее древних экспонатов, датируемых 50-55 тысячелетием до н.э.). Недостатком является то, что для проведения анализа необходимо иметь дорогостоящее оборудование и специалистов. В России менее 10 НИИ имеют в своем распоряжении подобную аппаратуру. Конечная цена исследования также сравнительно высока, несмотря на это большинство современных раскопок проводятся с последующим применением метода радиоуглеродного датирования⁹.

- **Дендрохронология**

Основана на изучении колец роста деревьев, позволяет установить дату объекта на основе сопоставления колец роста с годами. Во многом точность дендрохронологического анализа связана с событиями Мияки-зарегистрированными в определенные годы скачками выброса углерода, позволяющими более точно датировать находку¹⁰. Однако за пределами калибровочных интервалов датирование может давать серьезные расхождения с реальностью. Кроме того, различные типы древесной коры, различные типы колец и древесных дефектов должны исследоваться на разных

⁸ См.: Приложение 2: рис.2 – раскопки яванского человека, рис. 3 – раскопки в Ярославле 2020 г.

⁹ См.: Приложение 2: рис. 4.

¹⁰ См.: Приложение 2: рис. 5, 6.

участках дерева. Проблемой также можно назвать расхождение летних температур по ходу времени. Основным недостатком является то, что не все объекты могут быть датированы этим методом - дендрохронология изучает только древесину.

- **Стратиграфия**

Основана на изучении последовательности слоев почвы или горного массива, позволяет установить относительную дату объекта, основываясь на том, в каком слое он был найден. Стратиграфический метод опирается на закон пластования Стено (в верхних слоях, как правило, залегают более молодые останки, чем в нижних) и принцип Гексли (одинаковый возраст имеют слои, содержащие одинаковые виды живых существ). Стратиграфия как наука подразделяется на хроно-, лито-, хемо-, био-, цикло- и секвентную стратиграфии. Недостатком является то, что слои могут быть перемешаны или изменены естественными процессами.

- **Палеонтологический метод**

Основан на изучении останков древних организмов. Позволяет установить возраст объекта на основе типа и состояния останков. Недостаток: могут возникнуть проблемы с интерпретацией останков и их датированием.

- **Документальные источники**

Основаны на изучении письменных источников, описывающих события или объекты. Образуют особую подотрасль исторической науки- документоведение. Позволяют установить временной интервал события или создания объекта. Ученые выделяют следующие виды письменных источников: личная и деловая переписки, документооборот, акты и распоряжения, НПА, мемуаристику (в т.ч. дневниковые записи), публицистику, научно-исследовательскую литературу, статистическую информацию и т.д. Недостаток: документы могут быть поддельными, недостоверными или не поддаваться дешифровке. Также серьезной проблемой является сравнительная недолговечность письменных источников, требующая особо бережного ухода и ограничивающая возможность транспортировки.

- **Цифровые методы**

Основаны на использовании компьютерных моделей и анализе данных позволяют установить дату объекта на основе математических расчетов и статистических методов. Одним из важнейших цифровых методов является датирование электронным спиновым резонансом (ЭПР). С помощью ЭПР ученые способны датировать материалы, не поддающиеся радиоуглеродному анализу - минералы, различные биологические материи (зубная эмаль, кости и тд), минеральные породы и материалы (глина, известь). Недостатком является то, что результаты могут зависеть от качества и точности входных данных.

В целом, все эти методы имеют свои преимущества и ограничения, и часто используются в сочетании для более точного датирования исторических объектов и событий.

Итогом рассмотрения данных методов стало пособие, которое можно использовать как школьникам, на занятиях исторического кружка, так и студентам, увлекающимся археологией¹¹. Для формирования представлений о том, как могут быть применены методы, был выбран материал, из которого могли быть изготовлены орудия труда древнего человека, например, обсидиан. Из обсидиана часто изготавливались примитивные орудия труда¹². Для археолога очень важно изучить то, что даёт культурный слой, в котором было найдено тот, или иной артефакт. Например, важной для датировки может быть тефра – вулканические выбросы в виде пепла и пыли. Слой тефры может дать вполне точную дату. Важным материалом для изучения может быть базальт. Так, пожалуй, одной из самой известной находкой, выполненной из базальта, является стела, на которой выбиты законы Хаммурапи¹³.

В пособии представлены методы, которые активно используются на данный момент в истории и археологии.

¹¹ См.: Приложение 1, Пособие: «Хронологические методы датирования».

¹² См.: Приложение 2, рис. 10.

¹³ См.: Приложение 2, рис. 7 – 8.

Глава 3. Радиоуглеродное датирование - перспективы в будущем

Перспективы использования радиоуглеродного метода хронологического анализа очень обширны и многообещающе. Этот метод, основанный на распаде радиоактивных углеродных изотопов в органических материалах, позволяет точно определить возраст объектов и событий, а также реконструировать историю окружающего мира¹⁴.

Одной из основных областей применения радиоуглеродного метода является археология. С его помощью ученые могут определить возраст древних артефактов, поселений и памятников, что позволяет лучше понять историю человеческой цивилизации. Также радиоуглеродный метод широко используется в геологии для датировки пород и определения истории геологических процессов.

Благодаря постоянному совершенствованию техники и методологии радиоуглеродного анализа, его точность и надежность постоянно увеличиваются. Это открывает новые возможности для исследований в различных областях науки, а также способствует развитию новых методов и подходов к хронологическому анализу.

Таким образом, радиоуглеродный метод хронологического анализа остается одним из основных инструментов для исследований истории и развития нашего мира, и его перспективы использования в будущем крайне обнадеживающе.

Радиоуглеродный хронологический анализ является одним из самых мощных методов датирования исследований и археологических находок. Он основан на распаде радиоактивного изотопа углерода-14 в органических образцах, позволяя точно определить время их возникновения. Преимущества использования данного метода включают высокую точность датирования,

¹⁴ См.: Приложение 3. Мамонтёнок Люба. Применение метода радиоуглеродного датирования помогло определить возраст уникальной находки, мамонтенка, 42000 лет.

возможность исследования различных материалов, а также широкий спектр применения в различных областях науки. В данной исследовательской работе мы рассмотрим основные принципы и методики радиоуглеродного хронологического анализа, а также его применение и значение в современном научном и археологическом исследовании.

Актуальность: Большинство серьезных современных исследований проводятся с использованием метода радиоуглеродного датирования – с его помощью современные ученые могут датировать находки, относящиеся к периоду до 50.000 лет тому назад, при этом разрешающая способность составляет порядка 70 тысячелетий. Проблемой применения метода является действие “эффекта Зюсса” – эффективность датирования падает из-за использования сжигаемого топлива, не содержащего, результате чего закономерно уменьшается количество изотопа в атмосфере, естественный радиационный фон также был увеличен в разы после проведения многочисленных ядерных испытаний, после ядерных аварий - с этой проблемой сталкиваются все точные приборы, чье действие основано на радиации (в т.ч. счетчик Гейгера)

Основной информативной базой для изучения радиоуглеродного анализа являются исследования У. Либби “Радиоуглеродное датирование”, за которое ученый в 1964 году получил Нобелевскую премию. Изначально Либби предложил для датирования метод бета- подсчета, основанный на расчете количества выпускаемых электронов с последующим делением на массу.

$$a = a_0 e^{-\lambda t} \quad (a_0 \text{ и } a \text{ — активности в начальный момент и через время } t)$$

(Формула Либби используется и сейчас)

В своем исследовании Либби определил период полураспада в 5568 лет, впоследствии доктор Годвин уточнит протяженность полураспада- 5730 ± 40 лет. Для избегания проблем в соотношении старых и новых датировок общепринятым на всем промежутке времени (с 1950 по сей день) считается

“период полураспада Ливви”. Разница между реальным и общепринятым периодом полураспада составляет порядка 3%, что учитывается при калибровке - это одна из причин, которую к.г.н. Зазовская Э.П. выделяет как стимул к скорейшим изменениям стандарта¹⁵.

Первая калибровка радиоуглеродных дат появилась еще в 2009 году- это была IntCal09. Общепринятая на данный момент IntCal20 существенно отличается, что приводит к необходимости более точных расчетов. Кроме того, начиная с 13 версии, калибровочная таблица выпускается отдельно для морских и сухопутных объектов, соответственно самые новые версии калибровочной таблица- SHCal20 и Marine20.

Американский ученый Томас Хайэм в 2014 году в результате научной работы о датировании быта неандертальцев¹⁶ пришел к выводу о неточности датирования в связи с выбросами в атмосферу “молодого углерода”.

Метод радиоуглеродного анализа подвергается антинаучной критике – в частности подобной деятельностью занимается автор “Новой хронологии А.Т.Фоменко - так, по его мнению, найденные с помощью радиоуглеродного анализа даты не могут отличаться от “классических”, однако некоторые датировки - например, исследованная Туринская плащаница¹⁷ - проведены с “добросовестной оценкой точности”.

¹⁵ Э.П.Зазовская Радиоуглеродное датирование- современное состояние // Вестник археологии, антропологии и этнографии. М.: Институт географии РАН, 2016.

¹⁶ Хайэм Т. Мир до нас: новый взгляд на человека. М.: Альпина Паблишер, 2024.

¹⁷ См.: Приложение 2, рис. 9.

Заключение

Достижения современной археологии были бы невозможны без технического прогресса, привнесшего в науку множество новых методов и способов датирования. Подобные изменения позволили по-новому взглянуть на древность, датировать множество исторических находок, развеять вековые мифы. Между тем развитие археологии неизбежно приводит к усложнению этой науки для понимания, что приводит к снижению уровню заинтересованности, в первую очередь у студентов. Между тем базовое знание археологической теории необходимо, безусловно, каждому историку и специалисту смежного профиля.

Сложные приборы могут определить возраст найденного кусочка одежды средневекового крестьянина, время написания новгородской берестяной грамоты и химический состав краски, которыми украшены древние египетские саркофаги. В условиях увеличения количества найденных артефактов возрастает спрос на быструю и точную датировку. Общество требует нового осмысления ранее нераскрытых тайн – споры о датировании Туринской плащаницы до сих пор занимают умы множества ученых.

Помимо этого, археология не стоит на месте, и многие методы, считавшиеся базовыми и общепринятыми несколько десятилетий назад, на данный момент безусловно устарели. Множество ранее датированных артефактов требует нового, более точного анализа.

Итогом работы стало пособие¹⁸. Использование обновленного учебного пособия в табличной форме позволит упростить, и, возможно, стандартизировать систему археологического знания. Таблица имеет большое количество преимуществ перед классическим учебником - удобство, простота, скорость прочтения и наглядность представленного материала позволяют заинтересовать археологией в том числе и школьников. Помимо сравнения методов, пособие содержит подробное описание материалов исторического датирования, краткое введение, позволяющее читателю погрузиться в тему

¹⁸ См.: Приложение 1, табл. 2.

датирования. Наиболее удобные и часто используемые на данный момент методы исторического датирования дополнительно отмечены, что позволяет быстрее искать и сопоставлять информацию.

Список используемой литературы

1. Дендрохронологический метод исследования // Интернет-справочник URL: spravochnik.ru/arheologia/dendrokhronologicheskii_metod_datirovaniya/ (дата обращения: 12.05.2024).
2. Дендрохронологическая экспертиза // Дендроцентр URL: dendrocentr.ru/index.php/dendrokhronologicheskaya-ekspertiza (дата обращения: 12.05.2024).
3. Древнерусскую княжескую усадьбу XIII века со следами былой роскоши нашли в Ярославле // Культура. 19.08.2020.
4. Дробышевский С. В. Homo erectus: не прямые дороги человека прямоходящего // Достающее звено. Книга 2. Люди. — М.: ЛКИ, 2017.
5. Зазовская Э.П. Радиоуглеродное датирование- современное состояние // Вестник археологии, антропологии и этнографии. М.: Институт археологии РАН, 2016.
6. Зайцева Г.И., Семенцов А.А. Некоторые факты из истории создания первых радиоуглеродных лабораторий в России // Радиоуглерод в археологических и палеоэкологических исследованиях. СПб., 2006. С. 17-23.
7. Задачи 52754-Электромагнетизм // Schoolkovo URL: <https://3.shkolkovo.online/catalog/3148/52754?SubjectId=33> (дата обращения: 24.01.24).
8. Исследования московских археологов в уходящем году // Российская газета URL: rg.ru/2023/12/13/reg-cfo/shag-v-istoriiu.html (дата обращения: 12.05.2024).
9. Карамзин Н.М. История государства Российского: XII тт. в 4 кн. Кн.1. История государства Российского: Т.I-III/ Н.М.Карамзин; Сост. А.М.Кузнецов; А.Ф.Смирнов; Ил. И.А.Цыганков.-М.: Рипол классик, 1998.- С. 56.

10. Методика исследований по материалам Новгородских летописей // Cyberleninka. ru URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-istoriko-hronologicheskogo-issledovaniya-po-materialam-novgorodskih-letopisey/viewer> (дата обращения: 24.01.24).
11. Пасхальные хронологические элементы в новгородском летописании // Cyberleninka. ru URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pashalnye-hronologicheskie-elementy-v-novgorodskom-letopisanii-predvaritelnyy-analiz> (дата обращения: 24.01.24).
12. РАН сообщила об удвоении объема археологических работ в России за последние 10 лет // ТАСС Наука URL: nauka.tass.ru/nauka/6615478?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 12.05.2023).
13. Радиоуглеродное датирование // НТИФР URL: skrf.ru/services/search/258565/ (дата обращения: 12.05.2024).
14. О. А. Чичагова, Э. П. Зазовская РАДИОУГЛЕРОДНОЕ ДАТИРОВАНИЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ - РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.П. ГЕРАСИМОВА // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. - М.: Институт географии РАН, 2015.
15. Услуги-центр дендрохронологии // Институт географии РАН URL: dendro.igras.ru/services/ (дата обращения: 12.05.2024).
16. Урок 24 "Изотопы" // resh. ru URL: <https://resh.edu.ru/subject/lesson/3889/main/> (дата обращения: 24.01.24).
17. Хайэм Т. Мир до нас: новый взгляд на человека. М.: Альпина Паблишер, 2024.

Приложения

Приложение 1.

	Типологический	Стратиграфический	Дендро-хронологический	Радиоуглеродное
Стоимость	-	от 0 руб.	от 2.000 руб.	от 10.000 руб.
Ист. давность	-	4.567 лет	13.910 лет	до 55.000 лет
Тех. сложность	-	Необходимо наличие спец.навыков, шкалы.	Наличие специальных навыков и доп. оборудования	Производится в лаборатории. Скорость и точность зависит от метода.
Ограничения	- зависит от объекта	-в силу рельефа не применим в ряде районов	-необходимость нескольких срезов для анализа	-7 лабораторий в РФ - орг.соединение

Табл. 1. Сводная таблица: сравнение основных классических методов исследования по характеристикам- для конечного применителя.

2. Пособие: «Хронологические методы датирования»

Введение

Датирование- определение возраста объекта в единицах времени.

Выделяют **относительные** и **абсолютные методы датирования**.

Примечание: Термин "абсолютные" заменяется некоторыми учеными на "хронометрические (календарные)", т.к. существует неопределенность в определении- погрешности.

Виды методов датирования:

- По характеру метода (химические- физические)
- По зависимости от других методов(зависимые- независимые(переменно)- независимые)

Для избежания трудностей с датированием маловозрастных (менее 12.000 лет) предметов определяется календарная дата предполагаемого создания, а не возраст находки.

Хронологический год не всегда равен календарному, т.к. некоторые методы основаны на постоянно изменяющихся признаках, вследствие чего нуждаются в калибровке.

Основа хронометрических исследований - явление **радиоактивности**.

Радиоактивность- спонтанное превращение одного нуклида(нестабильный атом) в другой в условиях закрытой системы путем радиоактивного распада.

Типы радиоактивного распада:

- 1)Альфа-распад. Испускание ядрами α -частиц (^4He)
- 2)Бета-распад. Испускание (или поглощение) электрона и антинейтрино или позитрона и нейтрино.
- 3)Гамма-распад. Испускание γ -квантов.
- 4)Спонтанное деление. Распад ядра на два осколка сравнимой массы.

К более редким видам радиоактивного распада относятся испускание ядрами одного или двух протонов, а также испускание кластеров

1**Радиоактивные нуклиды** разделяют по происхождению на:

2**Радиогенные**- формируются радиогенным путем в цепях распада урана и тория(пример ^{231}Pa).
Полураспад- менее 250.000 лет.

3**Космогенные**- формируются при воздействии космического излучения на атмосферу/поверхность Земли (пример ^{14}C). Период полураспада различается.

4**Антропогенные**- образуется на АЭС и при ядерных взрывах(пример ^3H)

5**Нуклеогенные**- образуется в природных ядерных реакциях(пример ^{26}Al)

Выделяют систематические(характеризуют достоверность) и случайные(хар. разрешение) ошибки в измерениях.

Стр. 1

Материал	Характеристика	Способ датирования	Особенности	Примеры применения
Базальт	Застывшая магма. Тонкозернистая порода, чаще темного цвета. Тпл. ~800-1000°C. На 50% состоит из SiO_2 . Образуют при затвердевании шлаковые конуса, лавовые поля, потоки, трубы.	K-Ar метод Технически допустимо использование U-He метода (высокая погрешность). Возможно датирование с помощью трещин деления (при наличии вкраплений титаниста). Возможно датирование методом термолуминесценции (при наличии вкраплений стекла, кварца или плагиоклаза).	Может быть датирован различными методами. При датировании определяется время застывания и последующего охлаждения, что позволяет датировать извержения вулкана. Имеет большое количество вкраплений. Широко распространен.	-Определения времени и масштабов извержений. Восточно-Тихоокеанское поднятие, 9–10° северной широты. Боула Дж., Джи Дж. С., Кент Д. В., Перфит М. Р., Соул С. А., Фортнари Д. Дж. (2006) - Палеомагнитное исследование базальтовых пород с острова Паннёнг, Корея. Ан Х., Ямамото Ю. (2019)
Обсидиан	"Вулканическое стекло" Хрупкое, темное вещество. Встречается в самостоятельных потоках, вкраплениями в лавовых туфах, на контактах лавовых потоков, на поверхности. На 75% состоит из SiO_2 .	Метод трещин деления. Использование K-Ar метода ограничено ввиду потери аргона. Свежие поверхности могут быть датированы с помощью ореолов гидратации. Липаритовые породы могут быть датированы U-Th-Pb методом. Датирование по толщине патины	Широко распространен. Использовался в производстве примитивных каменных орудий. Содержит воду.	-Раскопки в городе цивилизации майя Копане, Центральная Америка. Институт Антропологии и Истории Гондураса, 1960г.

Стр. 2

[illegible]

K-Ar способ	Основан на наличии в веществе изотопов K39 и Ar40. K40 является радиоактивным изотопом с периодом полураспада 128*1000000 лет на Ca40-распад, происходит в 89% случаев) и Ar40(электронный захват, 11% случаев). Попавшая в застывшую магму, Ar не сможет выбраться из кристаллической решетки. Освобожденный из нестывшей магмы Ar также имеет шанс попасть в ловушку кристаллов. Таким образом, изменение количества Ar свидетельствует о длительности существования породы. 1) Навеска на K 2) Навеска на Ar 3) Допущение о постоянстве K39/K40 4) Поправка на присутствие атмосферного Ar 5) Расчет даты предполагаемого застывания $t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \ln \left(\frac{K_f + \frac{A_{Ar}}{A_K}}{K_f} \right)$	Без ограничений: Базальт, тефра, тектиты, аэалпориты, слюды. С ограничениями: импактные стекла, обсидиан.	Метод треков деления	Основан на подсчете количества реакций деления U238. Скорость распада U известна и достаточно стремительна для совпадения со скоростью образования естественных треков деления. Процесс деления оставляет следы(треки) в кристаллической структуре. Следы размером от 1 до 15 микронров подсчитывают, чаще всего с помощью оптического микроскопа. 1) Оптическое исследование кристалла на момент наличия треков деления 2) Подсчет следов 3) Сопоставление следов со скоростью их образования 4) Учет погрешности.	Простой, легкий, недорогой в использовании способ, остающийся минимальные погрешности в процессе подсчета. Итоговая погрешность купируется с помощью калибровки на минералах-стандартах. Тектиты и импактные стекла, базальт
Ar-Ar способ	По принципу своего действия почти полностью повторяет K-Ar метод, однако является более надежным и точным. В результате облучения на начальной стадии K39 переходит в Ar39, который имеет короткий период полураспада-это гарантирует, что Ar39 до начала эксперимента не присутствует в образце. Используя одно допущение(об аргоне) вместо двух(Ar+K) повышается точность исследования. 1) Облучение быстрыми нейтронами K39->Ar39 2) Навеска на Ar 3) Расчет даты предполагаемого застывания Есть возможность вносить поправки на наличие/отсутствие аргона. Возможно проведение локального анализа.	Без ограничений: Базальт, тефра, тектиты, аэалпориты, слюды. С ограничениями: импактные стекла, обсидиан.	Углеродное датирование	Основан на наличии в воздухе радиоактивного изотопа углерода C14. Основываясь на стабильности периода полураспада C14, равному ~5360 лет, измеряя количество находящегося в органическом веществе радиоактивного углерода можно сделать вывод о предполагаемом времени смерти данного живого организма. 1) Измерение количества C14 в организме с помощью масс-спектрометра 2) Учет погрешностей и условий среды 3) Проведение расчета времени смерти организма	Позволяет изучать археологические находки возрастом до 55.000 лет. Погрешность составляет от 24 лет(датировка объекта XVI.). Эффект усиливается при применении ускорительной масс-спектрометрии и использовании сцинтиллятора. Требуется большой осторожности при выборе образцов из-за опасности загрязнения "искусственным углеродом". Органические вещества.



Приложение 2



Рис. 1. Реконструкция черепа яванского человека 1922 года.

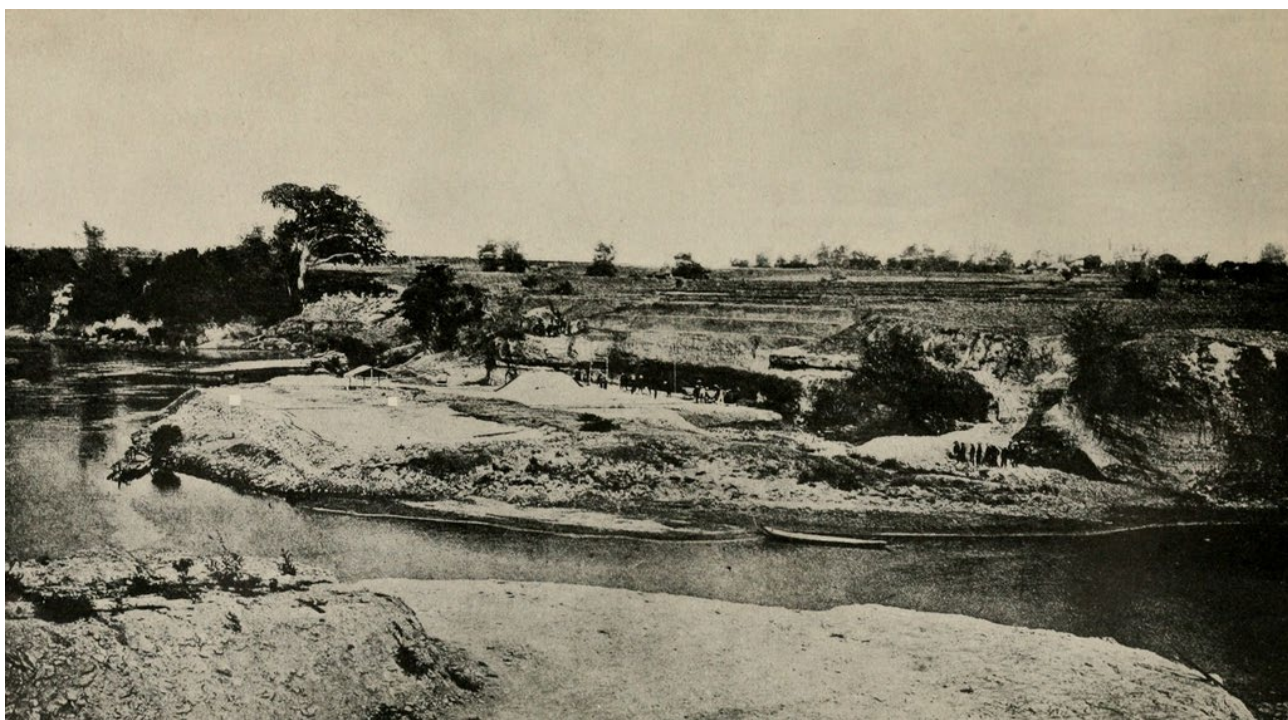


Рис. 2. Место находки питекантропа на реке Соло, недалеко от Тринила, Ява. Два белых квадрата показывают, где были обнаружены бедренная кость (слева) и череп (справа). Их обнаружение возле текущей воды стало одним из многих источников споров, которые окружали окаменелости.



Рис. 3. Раскопки института Археологии РАН в Ярославле, 2020 г. княжеская усадьба.



Рис. 4. Радиоуглеродный анализ.



Рис. 7. Базальтовая стела, на который высечены законы Хаммурапи.
Стела с Законами Хаммурапи в Лувре



Рис. 8. Деталь Стеллы.



Рис. 9. Туринская плащаница



Рис. 10. Стрелы из обсидиана



Рис. 11. Кремниевый нож

Приложение 3. Мамонтёнок Люба и применение методов датировки



Историческая справка.

Мамонтёнок Люба – ископаемый мамонтёнок-самка вида шерстистый мамонт (лат. *Mammuthus primigenius*), найденный в мае 2007 года оленеводом Юрием Худи в верхнем течении реки Юрибей на полуострове Ямал.

Получил имя «Люба» в честь жены оленевода. Мамонтёнок уникален тем, что его сохранность гораздо лучше «предшественников» - мамонят Димы, найденного в 1977 году в верховьях реки Колымы, и Маши, обнаруженной на полуострове Ямал в 1988 году.

Исследование останков проводил коллектив учёных из России, США, Японии и Франции: вначале для тщательного планирования вскрытия была выполнена **компьютерная томография** тела в токийском Университете Дзикэй, затем проведено вскрытие на базе Зоологического института в Санкт-Петербурге. Учёные определили, что мамонтёнок погиб около 40 тыс. лет назад. Предполагается, что после того, как мамонтёнок утонул и задохнулся в глинистой массе, произошла консервация тела под действием лактобактерий. Это обеспечило сохранность тела в течение десятков тысяч лет в вечной мерзлоте, а затем предотвратило разложение и уничтожение его падальщиками в течение почти года после того, как тело было вымыто из мерзлоты течением реки. Возраст животного — около одного месяца, геологический возраст — 42 000 лет по **радиоуглеродному датированию**. Размер животного 130 см в длину, 90 см в высоту, масса приблизительно 50 кг.