

**Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова**
Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц

2 курс
Курсовая работа

**Научные методы датирования в геологии, археологии и
истории"**

Выполнила:

Кузнецова Наталия Юрьевна

Студентка 2 курса физического факультета

№ группы: 211

Научные руководитель:

проф. Владимир Алексеевич Никитин

Оглавление.

1.Введение.	3
1.1 Методика меченых атомов.	3
2.Изотоп ^{14}C .Чем он интересен. Процессы образования и распада	5
3.Методы детектирования.	
3.1 Газонаполненный счетчик.	
3.2 Сцинтилляционный счетчик.	
4.Критика.	14
4.1 Характерные систематические и случайные ошибки.	14
5. Примеры применения метода ^{14}C . Туринская Плащаница.	15
6.Литература.	

1.1 Методика меченых атомов.

Методика меченых атом применяется для изучения биохимических процессов, которые происходят в живых клетках. Вводят особый изотоп (^{14}C , ^{32}P , ^3H) в биологически важный метаболит (продукт питания), после этого прослеживаются последовательные реакции метаболита в организме путем наблюдения за судьбой меченого изотопа в продуктах распада, крови, моче и т.д. На основании полученных данных строится метаболизм. Метод хорошо используется благодаря широкому развитию методов получения изотопов.

Большинство химических элементов в природе существуют в различных изотопных модификациях. Изотопы данного химического элемента имеют одинаковые химические свойства, но разные атомные массы. Атомная масса равна сумме протонов (p) и нейтронов (n), которые находятся в ядре. Химические свойства элемента определяются только числом протонов (p). Благодаря различию в атомных массах два изотопа могут иметь различные скорости реакции. Пример: ^{11}C , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C .

Природные изотопы радиоактивны. Они испускают либо ядра гелия (^4He), либо β^- -лучи (быстрые электроны), а также могут испускать γ -излучение (фотоны высокой энергии).

Большое количество искусственных изотопов оказываются активными (электронная и позитронная активность). Основа для биологических исследований с использованием меченых атомов служат искусственно полученные изотопы, а также могут быть нерадиоактивные стабильные изотопы, которые позволяют менять изотопные соотношения в природе. Содержание изотопа измеряют с помощью масс-спектрометрической техники. Метод применим, например для нерадиоактивного изотопа ^{15}N . Его концентрация намного меньше, чем ^{14}N .

Радиоактивный элемент ^{14}C используют в виде примеси, где нерадиоактивный элемент ^{12}C берут в избытке и растворяют в нем ^{14}C . Такие соединения могут быть применены в системах, которые относительно ^{12}C находятся в полном термодинамическом равновесии, а относительно ^{14}C далеко не в равновесном состоянии. Метод меченых атомов позволяет изучать равновесные биологические процессы без нарушения химического равновесия.

В ходе эксперимента радиоактивные атомы распадаются. Распад представляет собой случайное событие. Число распадов в секунду

пропорционально числу радиоактивных атомов, существующих в данный момент:

$$dN/dt = -\lambda * N, (1)$$

где N-число радиоактивных атомов, существующих в данное время, t-время, λ -постоянная, характерная для выбранного изотопа. Интегрируя (1), получаем

$$N = N(0) * \exp(-t * \lambda), (2)$$

где N(0)-число радиоактивных атомов в начальный момент. Из (2) может быть определено время полураспада элемента:

$$T(1/2) = \tau * \ln(2) = \ln(2) / \lambda, (3)$$

где τ -среднее время жизни изотопа, λ -постоянная полураспада. В течение каждого полураспада число атомов изотопа уменьшается в два раза.

Изотопа должно быть в разумных пределах для использования метода меченых атомов. Если изотопа слишком мало, то изотоп распадется до того, как можно будет поставить большинство экспериментов. Если его слишком велико, то число распадов за 1 секунд получится недопустимо низким для обнаружения обычно употребляемых концентраций меченых атомов.

Активность радиоактивных материалов выражается числом распадов в секунду:

$$[I] = [1 \text{ Бк}] = [1 \text{ распад/1сек}], \text{ где } [1 * \text{Кюри}] = [3,7 * 10^{10} \text{ Бк}]$$

Радиоактивные изотопы идентифицируют по характеристическому излучению. В случае искусственных радиоактивных изотопов характеристическое излучение складывается из β^- -распада и γ -излучение. В случае орбитального электронного захвата - испускаются только фотоны. Характеристикой излучения данного изотопа является максимальная энергия β -лучей и γ -излучения.

Частицы, испускаемые в результате радиоактивного распада, обнаруживаются при помощи счетчика Гейгера.

2. Изотоп ^{14}C . Чем он интересен. Процессы образования и распада.

Углерод является основой всех живых организмов. Изотоп ^{14}C - радиоуглерод радиоактивен, но постоянно возобновляется под действием космических лучей в атмосфере, и содержание поддерживается на равновесном уровне. Из атмосферы ^{14}C за счет обмена переходит в биосферу и гидросферу. Если обмен прерывается, то содержание углерода в системе начинает постепенно убывать, что позволяет датировать различные останки органического происхождения (дерево, кости, лед, грунтовые и океанические воды) в диапазоне от 300 лет до 40-50 тыс. лет. Радиоуглеродная дата представляет верхний предел для интересующего события, т. е. при анализе хронологической информации нужно помнить, что между датированным моментом образования органического материала и его использования человеком, или захоронением в осадках, может пройти значительный промежуток времени.

Содержание ^{14}C определяют с помощью счетчиков радиоактивности или ускорительной масс-спектрометрии. При использовании счетчиков специальная аппаратура позволяет датировать образцы, имеющие возраст до 40 тыс. лет. Радиоактивность более древних образцов слишком мала и неотличима от фоновой радиации, но при использовании специальных приемов изотопного обогащения позволяет при благоприятных условиях определить возраст до 75 тыс. лет. С освоением УМС появились надежды, что предел датирования с помощью ^{14}C будет доведен до 75 тыс. лет, но загрязнение современным углеродом ограничивает на практике интервал УМС и ^{14}C датирования до 40-50 тыс. лет. Преимущество УМС-метода является короткое время измерения, значительно меньшие размеры образца (зерна злаков) для анализа.

В 1947 г. было экспериментально подтверждено присутствие в атмосфере радиоуглерода ^{14}C . В 1949 г. Арнольд и Либби впервые сообщили о датировании с помощью ^{14}C . С улучшением в 1950-х точности измерения и накопления данных стало очевидно, что ^{14}C возрасты обычно оказывались меньше независимо определенных возрастов, в частности для исторически датированных объектов египетского Древнего Царства. Следовательно, была начата обширная программа измерений содержания ^{14}C в дендрохронологически датированных кольцах древних остистых сосен, растущих в Белых Горах в Калифорнии. Результаты подтвердили расхождение датировок.

Это привело к тому, что Зюсс ввел процедуры калибровки радиоуглеродных дат.

Среди физических методов, применяемых в археологии, геологии четвертичного периода и палеоботанике, радиоуглеродный метод является наиболее известным и широко распространенным.

Методологическая основа. Современный природный углерод представлен тремя изотопами: два стабильны ^{12}C (98,89%) и ^{13}C (1,11%), радиоактивный ^{14}C , который присутствует в следовых количествах как примесь (около $10^{(-12)}$), подвержен β -распаду со временем $T(1/2)=5730$ лет. ^{14}C образуется в стратосфере на высотах в 12-15 км при столкновении вторичных нейтронов от космических лучей с ядрами азота в реакции $^{14}\text{N}(n,p) ^{14}\text{C}$. Средняя глобальная скорость образования составляет $7,5 \text{ кг лет}^{-1}$, но она подвержена существенным вариациям, как по широте, так и во времени. Общее количество ^{14}C на Земле составляет ~ 75 т. Образование радиоуглерода *in situ* на поверхности горных пород пренебрежимо мало.

Модель Либби. Содержание ^{14}C поддерживается на равновесном уровне балансом между атмосферным космогенным образованием и радиоактивным распадом. По химическим свойствам ^{14}C ведет себя так же, как и другие его изотопы. Он соединяется с кислородом с образованием углекислого газа и диффундирует в нижние слои атмосферы в виде радиоактивного $^{14}\text{CO}_2$. Образовавшийся ^{14}C равномерно распределяется по всей атмосфере около 5 лет. Содержание CO_2 в атмосфере в 2013 году составляет около (0,0393-0,0397)%. За несколько лет радиоуглерод, благодаря фотосинтезу растений, проникает в биосферу и пищевые цепи, а также через образование карбонатов в гидросферу и далее в виде CaCO_3 в морские и континентальные отложения.

Пока организмы участвуют в цикле обмена, в них также поддерживается равновесная концентрация ^{14}C . Со смертью организма он выводится из цикла, и поступление ^{14}C прекращается. С этого момента начальная концентрация $^{14}\text{C}_0$ начинает снижаться за счет радиоактивного распада. Согласно модели Либби радиоуглеродный возраст t [л] концентрации оставшегося в образце ^{14}C рассчитывается:

$$t=8033*\ln(^{14}\text{C}_0 / ^{14}\text{C}),$$

т.е. снижение на 1% примерно соответствует увеличению возраста на 80 лет. Полученные по этой модели ^{14}C -возрасты оказались слишком низкими из-за неверности модельных предположений о временном и пространственном

постоянстве начальной концентрации ^{14}C . Вариация концентрации во времени очевидна из наблюдаемого расхождения между радиоуглеродными и календарными годами.

Временные вариации начального содержания радиоуглерода. Различают долго- и короткопериодические вариации ^{14}C , а также естественные и антропогенные вариации. Сравнение УМС ^{14}C -измерений с ТИМС (термоионизационная масс-спектрометрия) определения возраста кораллов позднего ледникового по урановым рядам демонстрирует, что расхождение между радиоуглеродными и солнечными(календарными) годами для 20-тысячелетних кораллов увеличивается в прошлое ещё больше, до 3,5 тыс. лет. Таким образом, концентрация ^{14}C в атмосфере в то время(20 тыс. лет назад) была до 40%-выше, чем в наши дни. Значительное уменьшение на 15% произошло в конце климатической стадии позднего дриаса. Одной из главных причин долгопериодических вариаций ^{14}C считают магнитное поле Земли. Увеличение дипольного момента приводит к более сильному отклонению и отражению космических лучей и ,таким образом, к снижению образования радиоуглерода. На содержание радиоуглерода также влияет климат, в частности увеличение притока пресной талой воды в Северную Атлантику, что заметно влияет на океаническую циркуляцию и на баланс между океаном и атмосферой. Такие климатические изменения вызывают высвобождение в атмосферу "древнего" углекислого газа из глубинных вод океана. Ещё одна из причин долгопериодических вариаций ^{14}C называют вариации первичного потока космических лучей.

Пространственные вариации начального содержания радиоуглерода - пространственная неоднородность в материалах и резервуарах, участвующие в углеродном цикле. Различают изотопное фракционирование и резервуарные эффекты.

Изотопы одного и того же элемента химически ведут себя идентично, но имеют различные кинетические скорости реакции из-за различия масс. Это явления для углерода является значительным. Относительная разница масс(т.е. разность масс, отнесенная к массовому номеру) между изотопами в этом случае достаточно велика, чтобы вызвать в химических реакциях заметное изотопное фракционирование. Например, фотосинтез обогащает легкий ^{12}C относительно более тяжелого ^{13}C , а ^{13}C относительно ещё более тяжелого ^{14}C . Углерод в растениях оказывается изотопно легче, чем в атмосфере. Изотопное фракционирование ^{14}C относительно ^{12}C примерно в два раза больше, чем ^{13}C

относительно ^{12}C , так как разница в массе между ^{12}C и ^{13}C составляет одну единицу, а между ^{12}C и ^{14}C - две единицы. Изотопное фракционирование углерода зависит от условий протекания химических реакций (температуры). Для большинства материалов коррекция возраста на изотропное фракционирование не превосходит 80 лет, однако для морских карбонатов может достигать и несколько сот лет.

Резервуарный эффект относится к вариациям изотопного состава углерода внутри резервуара, из которого организм черпает свой углерод. Причины пространственной вариации является снижение концентрации ^{14}C , резервуарные эффекты приводят к увеличению возраста.

Для корректного радиоуглеродного датирования необходимо для каждого индивидуального образца знать его действительную начальную концентрацию. Пространственные вариации ^{14}C , вызываемые резервуарным эффектом поддаются качественной оценке. Учет временных вариаций ^{14}C более трудный, так как возраст образца и вариация ^{14}C для этого периода заранее не известны. Чтобы получить правильные датировки, процесс разбивают на два этапа, отличая два типа ^{14}C -возраста: конвенциональный (возраст по соглашению, договорной) и калиброванный. Конвенциональный возраст рассчитывается на основе определенной модели, результат приводится в радиоуглеродных годах. С помощью процедуры калибровки радиоуглеродный конвенциональный возраст конвертируется в хронометрически корректные годы. Калиброванный возраст приводят в календарных годах.

Загрязнение. Радиоуглеродная система должна в идеальном случае оставаться закрытой, т. е. углерод не должен покидать образец или поступать в него. ^{14}C -возраст увеличивается загрязнением "мертвым" углеродом и уменьшается загрязнением современным углеродом.

Максимальный возраст. Верхний предел датирования (максимальный возраст) достигнут, когда измеренная на β -счетчике ^{14}C -активность старого образца не может быть статистически надежно отделена.

3. Методы детектирования.

3.1 Газонаполненный счетчик.

Газонаполненные детекторы являются широко распространенными приборами регистраций излучения благодаря хорошей чувствительности к излучениям разных видов, относительной простоте и дешевизне.

В газонаполненных детекторах для регистрации частиц используется ионизация газа. Под действием приложенного напряжения образовавшиеся в результате электроны (ионы) собираются на электродах.

На рис. показаны зависимости количества регистрируемых электрон-ионных пар от приложенного напряжения для альфа- и бета-частиц. Кривая для альфа-частиц лежит выше кривой для бета-частиц, т.к. альфа-частицы создают большую начальную ионизацию, чем бета-частицы. Альфа-частицы образуют больше электрон-ионных пар, так как имеют намного большую массу, чем бета-частицы. Каждую кривую можно разделить на характерные области. В области I происходят два конкурирующих процесса: собирание зарядов на электродах и рекомбинация ионов в газовом объеме. При увеличении поля скорость ионов увеличивается, что уменьшает вероятность рекомбинации, растет количество собранных зарядов и, соответственно, амплитуда сигналов. Эта область называется областью рекомбинации и для детектирования не используется.

При дальнейшем увеличении напряжения амплитуда сигнала достигает насыщения и практически перестает расти с ростом приложенного напряжения. На участке II практически все заряды, образованные в детекторе, собираются на электродах. Этот участок кривой называют областью насыщения. Именно в этой области работают ионизационные камеры.

По мере дальнейшего повышения напряжения детектор начинает работать в пропорциональной области (III). Электроны, образованные в результате первичной ионизации, приобретают достаточную энергию, чтобы в свою очередь вызвать ионизацию атомов или молекул газа. Происходит так называемое *газовое усиление*. Коэффициент газового усиления варьируется от 10^3 до 10^4 . Область называется пропорциональной, т.к. коэффициент газового усиления пропорционален приложенному напряжению. Это область работы пропорциональных счетчиков (камер).

При дальнейшем повышении напряжения коэффициент газового усиления перестает линейно зависеть от напряжения. Это область ограниченной

пропорциональности

(IV).

Наконец, на участке V газовое усиление возрастает настолько, что собираемый заряд не зависит от первичной ионизации. Это так называемая область Гейгера - Мюллера. Однако разряд, как и в предыдущих областях, остается вынужденным, т. е. начинается после прохождения ионизирующей частицы. Это область работы счетчиков Гейгера-Мюллера.

Дальнейшее увеличение напряжения приводит к непрерывному разряду (область VI), поэтому эта область для регистрации частиц не используется.

3.2 Сцинтилляционный счетчик.

Первый сцинтилляционный детектор, названный спинтарископом, представлял собой экран, покрытый слоем ZnS. Вспышки, возникавшие при попадании в него заряженных частиц, фиксировались с помощью микроскопа. Именно с таким детектором Гейгер и Марсден в 1909 г. провели опыт по рассеянию альфа-частиц атомами золота, приведший к открытию атомного ядра. Начиная с 1944 г. световые вспышки от сцинтиллятора регистрируют фотоэлектронными умножителями (ФЭУ). Позже для этих целей стали использовать также фотодиоды.

Сцинтиллятор может быть органическим (кристаллы, пластики или жидкости) или неорганическим (кристаллы или стекла). Используются также газообразные сцинтилляторы. В качестве органических сцинтилляторов часто используются антрацен ($C_{14}H_{10}$), стильбен ($C_{14}H_{12}$), нафталин ($C_{10}H_8$). Жидкие сцинтилляторы обычно известны под фирменными именами (например NE213). Пластиковые и жидкие сцинтилляторы представляют из себя растворы органических флуоресцирующих веществ в прозрачном растворителе. Например, твердый раствор антрацена в полистироле или жидкий раствор р-терфенила в ксилоле. Концентрация флуоресцирующего вещества обычно мала и регистрируемая частица возбуждает в основном молекулы растворителя. В дальнейшем энергия возбуждения передается молекулам флуоресцирующего вещества. В качестве неорганических кристаллических сцинтилляторов используются ZnS, NaI(Tl), CsI, $Bi_4Ge_3O_{12}$, $LaBr_3(Ce)$, $PbWO_4$ и др. В качестве газовых и жидких сцинтилляторов используют инертные газы (Xe, Kr, Ar, He) и N.

Так как в органических сцинтилляторах возбуждаются молекулярные уровни, которые излучают в ультрафиолетовой области для согласования со

спектральной чувствительностью регистрирующих свет устройств (ФЭУ и фотодиодов) используются светопреобразователи, которые поглощают ультрафиолетовое излучение и переизлучают видимый свет в области 400 нм.

Световой выход - доля энергии регистрируемой частицы конвертируемая в энергию световой вспышки. Световой выход антрацена ~ 0.05 или 1 фотон на 50 эВ для частиц высокой энергии. У NaI световой выход ~ 0.1 или 1 фотона на 25 эВ. Принято световой выход данного сцинтиллятора сравнивать со световым выходом антрацена, который используется как стандарт. Типичные световые выходы пластиковых сцинтилляторов 50-60%.

Интенсивность световой вспышки пропорциональна энергии, потерянной частицей, поэтому сцинтилляционный детектор может использоваться в качестве спектрометра, т. е. прибора, определяющего энергию частицы.

С помощью сцинтилляционных счетчиков можно измерять энергетические спектры электронов и γ -лучей. Для измерения спектров тяжелых заряженных частиц (α -частицы и др.) обычно используют CsI. По сравнению с NaI, он существенно менее гигроскопичен и не требует защитного кожуха, в котором заряженные частицы теряют свою энергию. Энергетическое разрешение CsI заметно хуже, чем у полупроводниковых детекторов, кроме того пропорциональность интенсивности вспышки потерянной энергии у сцинтилляторов наблюдается не при всяких энергиях частиц и проявляется только при значениях энергии, больших некоторой величины. Нелинейная связь амплитуд импульсов с энергией частицы различна для различных люминофоров и для различных типов частиц. CsI применяется, когда требуются измерения энергий заряженных частиц довольно больших энергий, а энергетическое разрешение не играет существенной роли.

В физике высокой энергии нашли применение сцинтилляторы из вольфрамата свинца (PbWO_4). Небольшая радиационная длина (0.89 см) и малый мольеровский радиус (2.19 см) – радиус цилиндра в пределах которого поглощается 90% электромагнитного ливня – позволяет сделать детектор с таким сцинтиллятором компактным с хорошим пространственным разрешением. PbWO_4 в частности был использован для сильно секционированного (17920 каналов детектирования) калориметра – фотонного детектора PHOS детекторного комплекса ALICE на Большом адронном коллайдере.

Фотоны, возникшие в сцинтилляторе под действием заряженной частицы, по световоду достигают ФЭУ и через его стеклянную стенку попадают на фотокатод. ФЭУ представляет собой баллон, внутри которого в вакууме располагается фотокатод и система последовательных динодов, находящихся под положительным увеличивающимся от динода к диноду электрическим потенциалом. В результате фотоэффекта из фотокатода вылетают электроны, которые затем, ускоряясь в электрическом поле, направляются на систему динодов, где за счет вторичной (ударной) электронной эмиссии образуют нарастающую от динода к диноду электронную лавину, поступающую на анод. Обычно коэффициент усиления ФЭУ (число электронов, достигших анода при выбивании из фотокатода одного электрона) составляет 10^5 - 10^6 , но может достигать и 10^9 , что позволяет получить на выходе ФЭУ легко регистрируемый электрический импульс.

Энергетическое разрешение сцинтилляционных детекторов $\Delta E/E$ обычно не лучше нескольких процентов. Временное разрешение зависит от длительности световой вспышки (времени высвечивания люминофора), от длительности фронта световой вспышки, а также от количества фотоэлектронов (от энергии оставленной частицей в сцинтилляторе) и меняется в пределах 10^{-6} - 10^{-11} с.

Большие объёмы сцинтилляторов позволяют создавать детекторы очень высокой эффективности, для регистрации частиц с малым сечением взаимодействия с веществом.

4.Критика метода ¹⁴С.

Несмотря на то, что радиоуглеродное датирование уже давно вошло в научную практику и достаточно широко используется, в околонуучных публикациях и в Интернете встречается критика этого метода, ставящая под сомнение методы его применения для датирования исторических артефактов (в особенности более позднего периода). Как правило, радиоуглеродный метод критикуется сторонниками креационизма, "Новой хронологии" и других псевдонаучных концепций. Некоторые примеры возражений против радиоуглеродного датирования приведены в разделе Критика естественно-научных методов в "Новой хронологии" Фоменко. Обычно такая критика радиоуглеродного анализа основывается на самых ранних научных публикациях, отражающих состояние методологии в 1960-х годах и на непонимании основ метода и особенностей калибровки.

4.1Характерные систематические ошибки.

Систематические ошибки могут быть вызваны недостатками измерительной аппаратуры, влиянием окружающей среды и не аккуратностью персонала, проводящего измерения. Всякая систематическая ошибка влияет на отдельные измерения в одном и том же направлении и с одинаковой степенью, и не может быть распознана при повторных наблюдениях. Систематические ошибки обычно бывает трудно идентифицировать и количественно оценить. Они характеризуют достоверность (корректность, правильность, надежность) измерения. высокая достоверность предполагает существование небольших систематических ошибок. Высокое разрешение некалиброванных, обычных ¹⁴С-значений возраста часто ошибочно принимается за точность. Но, несмотря на высокое разрешение, эти значения возраста не являются точными в связи с колебаниями содержания ¹⁴С в атмосфере в прошлом, и они становятся точными только после введения поправки с учетом дендрохронологических данных(калибровки).

Случайная погрешность вызывается случайными неточностями при снятии показаний с измерительного прибора и статистическими процессами, такими, как радиоактивный распад. Случайные ошибки выявляются путем повторения измерений одного и того же явления, результаты которых группируются статистически вокруг центрального значения. Случайные ошибки характеризуют разрешение (воспроизводимость), т.е. высокое разрешение и

хорошая воспроизводимость предполагают небольшую случайную ошибку. Случайная ошибка оценивается из статистики единичных наблюдений.

Термин точность включает в себя и разрешение , и достоверность.

5.Примеры применения метода ^{14}C . Туринская плащаница.

Радиоуглеродный метод широко применяется в археологии и геологии четвертичного периода для датирования различных материалов. С развитием техники УМС сфера применения ещё более расширилась. Радиоуглеродный ^{14}C - возраст не всегда напрямую связан с возрастом исследуемого события. Для биогенных образцов, включенных в осадки, их ^{14}C возраст связан с моментом смерти организма, а не с моментом отложения в осадке.

При датировании по ^{14}C бумаги необходимо обращать внимание на то, что при её изготовлении часто использовались старые материалы (макулатура и изношенная одежда). Радиоуглеродный возраст, в зависимости от характера изготовления бумаги, может оказаться больше на несколько столетий. Прежде ,чем проводить радиоуглеродное датирование, необходимо внимательно исследовать технику производства конкретного образца. Хорошо подходят для датирования растительные волокна тканей . Исходный материал является короткоживущим, перерабатывается в течение лишь нескольких лет после сбора, так что радиоуглеродный возраст будет в пределах ошибок соответствовать году производства ткани; необходимо также учитывать изотопное фракционирование разных видов растений , что требует установления типа растительного материала, использованного при производстве ткани и определения его изотопного фракционирования. С внедрением УМС резко снизился размер образца, требующегося для анализа. Радиоуглеродным методом были проведены датировки Туринской плащаницы разными лабораториями. Многие верят, что Туринской плащаницей было обернуто тело Христа после снятия с креста. Для радиоуглеродного анализа из полного размера Плащаницы 4,5 на 1,1 м было взято (~10*70мм); эта полоса ткани была разделена на 3 части(образец 1) и отправлена в разные лаборатории вместе с теми тканями, возраст которых известен: образец 2 - белье из Нубии(12-13 вв.); образец 3 - белье из Египта, начало 2 века н. э.; образец 4 - волокно из средневековой ризы, Франция (1290-1310 годы н.э.) Все лаборатории вначале производили механические и химические очистки, так как образец, вероятно, был подвергнут загрязнению. Радиоуглеродные конвенциональные возрасты с коррекцией изотопного фракционирования приведены в таблице:

УМС- лаборатория	Образец 1	Образец 2	Образец3	Образец 4
---------------------	-----------	-----------	----------	-----------

Аризона	646 ± 31 BP	927 ± 32 BP	1995 ± 46 BP	722 ± 43 BP
Оксфорд	750 ± 30 BP	940 ± 30 BP	1980 ± 35 BP	755 ± 30 BP
Цюрих	676 ± 24 BP	941 ± 23 BP	1940 ± 30 BP	685 ± 34 BP
Среднее	691 ± 31 BP	937 ± 16 BP	1964 ± 20 BP	724 ± 20 BP
Калиброванная дата(cal. н. э.)	1273-1288	1032-1048	11-64	1268-1278
		1089-1119		
		1142-1154		

Этот результат свидетельствует о средневековом происхождении Туринской Плащаницы.

6. Литература

- 1) Вагнер Г. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории.
- 2) https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7
- 3) http://www.o8ode.ru/article/oleg/metod_me4enyh_atomov.htm
- 4) http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/gas_det.htm
- 5) <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/scint.htm>