

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**В Правительственную Комиссию
по вопросам, связанным с исследованием и перезахоронением находящихся в Государственном архиве Российской Федерации останков цесаревича Алексея Николаевича и великой княжны Марии Николаевны Романовых**

Заключение по генетическому исследованию предполагаемых останков императора Николая II Романова и членов его семьи

По факту обнаружения останков неопознанных трупов в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга в 1991 г и 2007 г..

В исследовании были поставлены вопросы:

- 1) Выделить ДНК и определить полную последовательность митохондриального генома и аутосомные STR-профили из образцов костной ткани фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга.
- 2) Выделить ДНК и определить профиль одноклеточных полиморфных вариантов (SNP) мтДНК и аутосомные STR-профили из образцов костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20.
- 3) Определить половую принадлежность образцов костной ткани фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга и образцов костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20.
- 4) При наличии образцов, на основе анализа ДНК отнесенных к мужским скелетам, определить в них STR-профили нерекомбинирующего региона Y-хромосомы для образцов костной ткани фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга и образцов костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20.
- 5) Выделить ДНК и определить SNP-профили митохондриального генома из биологических образцов ныне живущих родственников по материнской линии семьи императора Николая II Романова.
- 6) Выделить ДНК и определить STR-профили нерекомбинирующего региона Y-хромосомы из биологических образцов ныне живущих родственников по отцовской линии императора Николая II Романова.
- 7) Провести сравнительное исследование определенных SNP-профилей мтДНК из образцов костной ткани и фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга, и образцов костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20, а также ныне живущих родственников по материнской линии императорской семьи Романовых.

- 8) Провести сравнительное исследование определенных STR-профилей Y-хромосомы из образцов костной ткани и фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга, и образцов костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20, а также ныне живущих родственников по мужской линии императора Николая II Романова.
- 9) Провести сравнительное исследование определенных аутосомных STR-профилей из образцов костной ткани и фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга, и образцов костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20.
- 10) Выделить ДНК и определить SNP-профиль mtДНК, аутосомные и Y-хромосомные STR-профили из архивных пятен крови с рубашки Николая II, хранящейся в архивах Государственного музея Эрмитаж в Санкт-Петербурге.
- 11) Провести сравнительное исследование полученных SNP-профилей mtДНК, аутосомных и Y-хромосомных STR-профилей из архивных пятен крови с рубашки Николая II, хранящейся в архивах Государственного музея Эрмитаж в Санкт-Петербурге, и образца костной ткани скелета №4, обнаруженного во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20.

ИССЛЕДОВАНИЕ

Исследование в рамках данной генетической экспертизы проведено преимущественно на базе двух научных учреждений:

Института Общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской Академии наук (ИОГен РАН), в г. Москва и Медицинской школы Массачусетского университета (UMASS) в г. Ворчестер, США.

Для экспертизы были предоставлены образцы костной ткани фрагментов костей, обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга, предположительно принадлежащих двум детям императора Николая II Романова (образцы № 146 и № 147), и образцы костной ткани скелетированных останков пяти человек, обнаруженных во время раскопок, проведенных с 11 июля по 18 августа 1991 г. на участке Старой Коптяковской дороги неподалеку от Мостоотряда № 20, предположительно принадлежащих императору Николаю II, его жене императрице Александре Федоровне и трем дочерям (скелеты № 4, № 7, № 3, № 5, № 6).

Для сравнительного анализа были получены биологические образцы от ныне живущих родственников семьи императора Николая II Романова.

Для повышения разрешающей способности генетической экспертизы для анализа также была предоставлена рубашка Николая II предположительно с пятнами его крови, находящаяся в архиве Государственного музея Эрмитаж в Санкт-Петербурге.

Лаборатории для выделения и анализа ДНК

ДНК была выделена в двух независимых, изолированных, заново оборудованных лабораториях (в ИОГен РАН, Москва, Россия и в UMASS, Ворчестер, США), до этого не использовавшихся для работы с человеческой ДНК и специально предназначенных для работы с древней ДНК. Еще одна независимая экстракция ДНК для нескольких выбранных образцов была осуществлена в третьей ДНК-криминалистической лаборатории (Molecular World Inc., Канада). Все экспериментальные процедуры выполнялись в стерильных ПЦР-боксах согласно стандартам, принятым для работы древней ДНК, с выполнением всех мер предосторожности во избежание риска загрязнения молекулами современной ДНК. Перед началом исследования в каждом эксперименте все поверхности лаборатории и оборудование обрабатывались 0.2-0.6 %-м раствором гипохлорита натрия, деионизированной водой и облучались лампами ультрафиолетового света в течение ночи. Обработку и облучение повторяли ежедневно в конце рабочего дня. Перед входом в лабораторию надевали бахилы, защитный комбинезон, маску, защитный головной убор и медицинские перчатки.

Выделение ДНК

Выделение ДНК из костных образцов

Принципиальными этапами при экстракции ДНК в используемой нами методологии являются 1) деминерализация костных фрагментов в растворе ЭДТА высокой концентрации (0.5 М, pH 8.3); 2) связывание ДНК и очистка с помощью «силики» на фильтрах. Данный метод позволил в рамках проводимой экспертизы выделить ДНК высокой степени очистки в количестве, достаточном для анализа, из столь малого количества, как 200 мг костного вещества.

При выделении ДНК из костных образцов на первом этапе верхний слой костного материала удалялся, очистка и промывка проводилась по процедурам, описанным для выделения ДНК из древних палеонтологических и антропологических образцов, с рядом существенных модификаций. Параллельно с выделением ДНК из экспертных об-

разцов все процедуры экстракции повторялись в образцах с H_2O (негативный контроль). Подробный протокол доступен по требованию.

Для каждой системы генотипирования проводилось не менее 2-4 независимых экстракций ДНК для каждого костного образца. В каждом экстракте определялось количество ДНК. Отдельные экстракты использовались в дальнейшем для более детального анализа митохондриальной и ядерной ДНК.

Выделение ДНК из архивных пятен крови

Визуальная инспекция рубашки выявила несколько пятен с возможными следами крови, особенно обильными на манжете и воротнике. Биологический материал был получен из 4-х различных пятен крови. Материал собирался влажным тампоном с сухого кровяного пятна и смывался как минимум 3 раза. Первый смыв выбрасывался как потенциально содержащий загрязнения внешней ДНК. Для минимизации любых возможных проблем с загрязнением, ДНК выделялась только из вторых и третьих смывов каждого пятна с использованием набора QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen). Выделение проводилось в соответствии с протоколом DNA Purification from Dried Blood Spots, предоставленным производителем, с минимальными изменениями, описанными ниже. Смывы помещались в 2 мл пробирки, содержащие 360 мкл буфера ATL, и инкубировались при 85^0C в течение 15 минут. Затем добавлялось 40 мкл протеиназы K, раствор перемешивался с помощью вортекса, и образцы инкубировались при 56^0C в течение 20 минут. Затем добавлялось 400 мкл буфера AL, образцы инкубировались при 70^0C в течение 15 минут, смешивались с 400 мкл этанола, супернатанты помещались в «силика»-колонки. После стандартных процедур промывки с буферами AW1 и AW2 ДНК элюировалась в 35 мкл буфера AE (1-я элюция) и 50 мкл воды (2-я элюция).

Выделение ДНК из современных образцов

Все процедуры анализа ДНК ныне живущих родственников Романовых проводились в других зданиях, физически удаленных от лабораторий древней ДНК. Сбор щечных скобков проводился с использованием наборов Whatman's Sterile Omni Swabs (Whatman). Капли крови помещались на стерильную марлевую салфетку и затем высушивались в кабинете врача. ДНК экстрагировалась из каждого образца с использованием наборов QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen) согласно протоколу производителя для скобков и высушенных пятен крови.

Молекулярный анализ митохондриальной ДНК

Для амплификации коротких перекрывающихся фрагментов mtДНК размером 164-383 п.н., покрывающих весь митохондриальный геном, было разработано 88 пар олигонуклеотидных ПЦР-праймеров. Амплификация проводилась с использованием нескольких подходов – стандартной ПЦР, а также мультиплексной ПЦР. Для мультиплексной амплификации праймеры объединялись в три набора по 25, 30 и 33 пары для трех мультиплексных ПЦР-реакций (Рис. 1, 3). Реакции проводились в объеме реакционной смеси 50 мкл при 37 циклах ПЦР. После мультиплексной амплификации 1 мкл очищенно-го продукта ПЦР использовался в качестве матрицы для второго раунда ПЦР с каждой из индивидуальных пар праймеров. Продукты ПЦР подвергались секвенированию.

Все реакции ПЦР проводились в присутствии негативных контролей (экстракция в образцах с H_2O и H_2O).

Последовательности полного митохондриального генома для современных образцов были определены с использованием другого набора праймеров для более длинных ПЦР-продуктов (Rieder et al. 1998. Nucleic Acids Res. 26:967-973).

Для очистки в агарозном геле 30 мкл продуктов ПЦР разделяли при помощи электрофореза в 2% агарозном геле. Фрагменты ДНК визуализировали в ультрафиолетовом

свете и одноразовым скальпелем вырезали узкие блоки агарозы со светящимися специфическими полосами. Блоки помещали в чистые пробирки объемом 1.5 мл и очищали ДНК от агарозы набором MinElute Gel Extraction Kit для очистки ПЦР продуктов фирмы Qiagen по протоколу производителя.

Очищенные фрагменты ПЦР после первичной ПЦР, а в некоторых случаях, после дополнительных раундов ПЦР использовали для определения нуклеотидных последовательностей набором BigDye 3.1 на капиллярных секвенаторах (например, 3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems)).

В качестве секвенирующего праймера добавляли один из олигонуклеотидов, использованных для ПЦР данного фрагмента. Чтобы определить последовательность с обеих комплементарных цепей ДНК, один и тот же образец ПЦР секвенировали при помощи прямого и обратного ПЦР праймера в двух раздельных реакциях.

Качество хроматограмм оценивали в программе Chromas, Technelysium Pty Ltd, контиги из перекрывающихся последовательностей собирали в программе SeqMan, DNAStar.

Точность эксперимента достигалась множественными воспроизведениями. Прямое секвенирование ПЦР-продуктов mtДНК, полученных из разных экстрактов в разных лабораториях (ИОГен, Москва и UMASS MS, Ворчестер), позволило получить однозначно читаемые в большинстве случаев хроматограммы. Последовательности, полученные в повторяющихся экспериментах от одних и тех же образцов, были идентичны. Для реконструкции полных митохондриальных геномов были получены множественные перекрывающиеся ПЦР-продукты. Анализ перекрывающихся регионов из независимых ПЦР-продуктов во множественных воспроизведениях показал их полную идентичность.

Полные последовательности митохондриальных геномов исследованных образцов приведены в Приложении 3.

Анализ половой принадлежности

Половая принадлежность определялась с помощью двух независимых систем. Во-первых, использовались праймеры к гену амелогенина, входящие в состав коммерческих наборов для мультиплексных STR (AmpFℓSTR® MiniFiler™ (Applied Biosystems) и PowerPlex S5 (Promega)). Анализ проводился согласно протоколам производителя. Во-вторых, нами была разработана пара праймеров, способных эффективно выявлять альтернативные геномные регионы на X- и Y-хромосомах. Локус FEM4 локализуется на расстоянии ~8 Mb от гена AMELX на X-хромосоме и на расстоянии ~6 Mb от гена AMELY на Y-хромосоме. Праймеры, разработанные нами, были предназначены для амплификации коротких фрагментов ДНК на Y-хромосоме (117 п.н.) и на X-хромосоме (119 п.н.) для этого локуса. Все результаты определения пола на костных образцах были независимо подтверждены с использованием различных наборов и различных систем для определения пола.

Анализ полиморфизма STR-профилей Y-хромосомы

Y-STR профили были получены с использованием набора AmpFℓSTR® Yfiler™ (Applied Biosystems) согласно протоколу производителя с минимальными модификациями для деградированной ДНК. Реакция ПЦР проводилась в общем объеме 12.5 или 25 мкл, при 33-37 циклах, с ~60-500 пкг матричной ДНК. Во всех STR-амплификациях применялся негативный контроль. При первичном исследовании ДНК экстракты, содержащие смесь индивидуальных STR-профилей, были исключены из дальнейшего анализа. Электрофоретический анализ проводился с использованием капиллярных секвенаторов (в частности, 3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems)). Электрофоретические данные анализировались в пакете программ GeneMapper ® ID software v3.2 (Applied Biosystems).

Условием анализа STR-профиля в каждом повторяющемся эксперименте являлось отсутствие амплификационного сигнала в отрицательном контроле (экстракция без ДНК). Потенциальной проблемой при анализе низкокопийной и деградированной ДНК являются выпадающие и «лишние» аллели. Поэтому для включения аллелей в профиль требовалось как минимум двукратное воспроизведение. В данном случае для каждого образца из различных экстрактов были выполнены серийные воспроизведения. По меньшей мере 3-4 независимых наблюдения после повторных ПЦР-амплификаций требовалось для каждого STR-аллеля для подтверждения его аутентичности. Генотипы для маркеров, обнаруженных во всех образцах, которые отвечали этим критериям, использовались для статистических расчетов.

Анализ полиморфизма аутосомных STR-профилей

Для получения профилей аутосомных STR использовались наборы AmpF ℓ STR® MiniFiler™ PCR Amplification Kit (Applied Biosystems), PowerPlex S5 System (Promega) разработанные для анализа деградированной ДНК. Для определения профилей аутосомных STR образца № 4 и образца архивных пятен крови дополнительно использовали набор AmpF ℓ STR® Identifiler® PCR Amplification Kit (Applied Biosystems). Анализ проводился в соответствии с протоколами производителя с минимальными модификациями для деградированной ДНК. Реакция ПЦР для анализа аутосомных STR проводилась в общем объеме 12.5 или 25 мкл, при 33-37 циклах, с ~60-500 пкг матричной ДНК. Во всех STR-амплификациях применялся негативный контроль. При первичном исследовании ДНК образцы, содержащие смесь индивидуальных STR-профилей, были исключены из дальнейшего анализа.

Электрофоретический анализ проводился с использованием капиллярных секвенаторов (в частности, 3730x1 DNA Analyzer (Applied Biosystems)). Электрофоретические данные анализировались в пакете программ GeneMapper ® ID software v3.2 (Applied Biosystems).

Условием анализа STR-профиля в каждом эксперименте являлось отсутствие амплификационного сигнала в отрицательном контроле (экстракция без ДНК). Для каждого образца из различных экстрактов были выполнены серийные воспроизведения. Гомозиготные локусы считались аутентичными, если множественные воспроизведения аллеля для аутосомного STR-маркера наблюдались при независимых амплификациях. Генотипы для маркеров, обнаруженных во всех образцах, которые отвечали этим критериям, использовались для статистических расчетов.

Биоинформационный и статистический анализ

Были проанализированы популяционные базы данных последовательностей mtДНК, аутосомных и Y-хромосомных STR. Все базы данных включали популяции, относящиеся к данному случаю (русские, славянские, другие западно- и восточноевропейские).

Статистический анализ основывался на стандартных математических расчетах отношений правдоподобия (LR), с учетом гаплоидной природы mtДНК и Y-хромосомы. Значения правдоподобия основывались на частотах гаплотипов, отношение правдоподобия рассчитывалось по формуле:

$$LR = \frac{P(E | H_1)}{P(E | H_0)}$$

где $P(E|H1) = 1$, $P(E|H0)$ – частота галотипа в популяции. Для коррекции на размер базы данных и частоту гаплотипа были также рассчитаны верхние пределы 95% доверительного интервала (ДИ) оценок частот.

Для определения средних популяционных частот аутосомных STR-аллелей были объединены неперекрывающиеся данные для европейских популяций из двух больших баз данных ALFRED (<http://alfred.med.yale.edu/alfred/>) и "The Distribution of the Human DNA-PCR Polymorphisms database" (<http://www.uniduesseldorf.de/WWW/MedFak/Serology/database.html>) и недавно опубликованные данные по русским популяциям (Маярчук. 2007. Мол. Биол. 41:1-4). Все популяционные базы данных аутосомных STR включали популяции, относящиеся к данному случаю (русские, славянские, другие западно- и восточноевропейские). Частоты генотипов для аутосомных STR локусов рассчитывались с использованием формул Харди-Вайнберга.

Отношение правдоподобия наблюдаемого совпадения аутосомных STR-профилей образца из скелета № 4 из первого захоронения и ДНК, изолированной из пятен крови Николая II, было рассчитано с применением правила умножения вероятностей отношений правдоподобия для индивидуальных STR локусов, определенных как $1/f$, где f – частота генотипа. Конечная величина перемножалась с отношениями правдоподобия, полученными для mtДНК и Y-STR гаплотипов.

Для проверки гипотезы, что образцы № 146, № 147, образцы из скелетов № 3, № 5 и № 6 принадлежат детям индивидуумов, чьими останками являются скелеты № 4 и № 7, были рассчитаны отношения правдоподобия для аутосомных STR локусов с использованием формул для случая идентификации пропавших личностей, когда известны генотипы обоих родителей. Для каждого предполагаемого ребенка отношение правдоподобия для аутосомного STR профиля перемножалось с отношениями правдоподобия для mtДНК или mtДНК и Y-STR гаплотипов в случае образца № 146.

В рамках экспертизы было успешно проведено выделение пригодной для генетического анализа ДНК из костных образцов всех предоставленных на экспертизу останков (№ 146, № 147 (второе захоронение), скелеты № 3, № 4, № 5, № 6, № 7 (первое захоронение)).

Были определены SNP-профили mtДНК и проведен сравнительный анализ этих профилей в указанных костных образцах, а также в образцах ныне живущих родственников по материнской линии императорской семьи Романовых.

Было проведено определение половой принадлежности образцов костной ткани № 146, № 147, а также образцов из скелетов № 3, № 4, № 5, № 6, № 7.

Определены аутосомные STR-профили в костных образцах № 146, № 147 (второе захоронение), скелетах № 3, № 4, № 5, № 6, № 7 (первое захоронение) (6 STR маркеров для образца № 146 и 10 STR маркеров для остальных образцов). Для статистических расчетов использовали данные аутосомных профилей по 6-ти STR маркерам. Для образцов № 146 и № 4 (мужчины) были определены STR-профили нерекомбинирующего региона Y-хромосомы. Было проведено сравнительное исследование определенных Y-STR профилей указанных костных образцов, а также образцов ныне живущих родственников по мужской линии императора Николая II Романова.

Была успешно выделена ДНК и определен SNP-профиль mtДНК, аутосомные и Y-хромосомные STR-профили из архивных пятен крови с рубашки Николая II, хранящейся в архивах Государственного музея Эрмитаж в Санкт-Петербурге. Было проведено

сравнительное исследование полученных SNP-профилей мтДНК, аутосомных и Y-хромосомных STR-профилей из архивных пятен крови и образца костной ткани скелета №4 (предположительно Николай II).

В экспертной работе принимали участие сотрудники лаб. Рогаева Е.И. в Научном Центре Психического Здоровья РАМН, Институте Общей Генетики им. Н.И. Вавилова РАН и Университета Медицинской Школы Массачусетса.

Заключение экспертизы

- 1) Выделена пригодная для генетического анализа ДНК в костных образцах № 146, № 147 (второе захоронение), скелетах № 3, № 4, № 5, № 6, № 7 (первое захоронение). Список образцов, использованных для проведения экспертизы приведен в Приложении 2.
- 2) Определены полные нуклеотидные последовательности мтДНК в образцах № 146, № 147, скелетах № 4 и № 7 (Рис. 1, Таблицы 1, 2; полные последовательности митохондриальных геномов приведены в Приложении 3). Показано, что полные последовательности мтДНК в образцах № 146 и № 147 (второе захоронение) полностью идентичны друг другу и мтДНК из скелета № 7 (16571 п.н.) из первого захоронения и не совпадают с полной мтДНК скелета № 4 (16569 п.н.) (Таблицы 1, 2). Определены нуклеотидные последовательности ГВР мтДНК в образцах из скелетов № 3, № 5, № 6. Показано, что последовательности ГВР мтДНК в образцах из скелетов № 3, № 5, № 6 полностью идентичны друг другу и мтДНК в образце из скелета № 7.
- 3) Полные последовательности мтДНК костных образцов № 146, № 147 и в образце из скелета № 7 полностью идентичны полным мтДНК ныне живущих потомков двух ветвей женской линии королевы Виктории, бабушки императрицы Александры Федоровны Романовой (Рис.2, Табл. 1).
- 4) Полная последовательность мтДНК костного образца из скелета № 4 соответствует последовательности мтДНК референтных образцов, полученных от потомка по материнской линии императрицы Марии Федоровны (принцессы Дагмар), матери Николая II. Было обнаружено единственное исключение – гетероплазмия в позиции 16169 С/Т у индивида № 4 (Рис.2, Табл. 2).
- 5) Биоинформационный анализ показал уникальность полной последовательности мтДНК, выделенной из образцов №146, № 147 и из скелета № 7, в доступных популяционных базах данных. Для полной последовательности мтДНК из костного образца № 4 (с вариантом 16169T или 16169C) соответствия в доступных популяционных базах данных полных последовательностей мтДНК также не были найдены (Табл.3).
- 6) Определена половая принадлежность костных образцов № 146, № 147, образцов из скелетов № 3, № 4, № 5, № 6, № 7. Показано, что образец № 147 и скелеты № 7, № 3, № 5, № 6 принадлежат женщинам, а образец № 146 и скелет № 4 принадлежат мужчинам (Рис.6, 10).
- 7) Определены STR-профили Y-хромосомы (16 маркеров) в костных образцах № 146 и № 4-46. Показано полное совпадение определенных STR-профилей Y-хромосомы из указанных костных образцов, а также из образцов, полученных от прямых родственников по отцовской линии Николая II Романова (потомков императора Николая I) (Рис.5, 7, Табл. 4).

- 8) Биоинформационный анализ показал, что полученный для образца № 146 и образца из скелета № 4-46 STR-профиль Y-хромосомы не встречается в доступных популяционных базах данных для мультилокусных Y-STR. (Табл. 5)
- 9) Определены аутосомные STR-профили в костных образцах № 146, № 147 (второе захоронение), скелетах № 3, № 4, № 5, № 6, № 7 (первое захоронение) (Рис. 10, Табл. 6). Показано, что все указанные индивиды различаются по профилям аутосомных STR. При этом проанализированные STR-профили соответствуют параметрам биологического родства между указанными индивидами. Индивиды № 4 и № 7 не являются родственниками (родитель-ребенок). STR-профили индивидов № 4 (мужчина) и № 7 (женщина) соответствуют родительским для каждого из индивидов № 146, № 147 и № 3, № 5 и № 6 (Рис. 10, Табл. 6).

Примечание. В ходе экспертизы выяснилось, что образец № 7-49 первоначально, на основе антропологических исследований, был ошибочно отнесен к скелету № 7. Сравнение по 10 аутосомным STR маркерам (генотипы по всем 10 маркерам были получены для останков всех пяти предполагаемых Романовых из первого захоронения): TH01, CSF1PO, D2S1338, D13S317, D18S51, FGA, D7S820, D21S11, D16S539, D8S1179 показало идентичность аутосомного STR профиля образца № 7-49 образцу № 3-46 из скелета № 3 и отличие по 7 из 10 аутосомных STR маркеров от образцов № 7-32 и 7-40 скелета № 7. Анализ ещё одного экстракта образца № 7-49 подтвердил сделанный вывод. Таким образом, образец № 7-49 в действительности относится к скелету № 3.

- 10) Отношения правдоподобия для идентификации детей, основанные на тестах для пропавших личностей, при условии, что оба родителя известны, при объединении результатов по всем двум или трем изученным генетическим системам составили для № 146: 1.39×10^9 ($6,97 \times 10^8$ с учетом верхнего предела 95% ДИ) для комбинации аутосомных STR и маркеров mtДНК, 1.62×10^8 ($4,00 \times 10^7$ с учетом верхнего предела 95% ДИ) для комбинации аутосомных и Y-STR маркеров и 5.81×10^{12} ($9,69 \times 10^{11}$ с учетом верхнего предела 95% ДИ) для комбинации маркеров mtДНК, аутосомных и Y-STR. Значения правдоподобия для комбинации аутосомных STR и маркеров mtДНК для образцов № 147, № 3, № 5 и № 6 составили: для № 147: 1.55×10^9 ($7,91 \times 10^8$ с учетом верхнего предела 95% ДИ); № 3: 1.36×10^9 ($7,02 \times 10^8$ с учетом верхнего предела 95% ДИ); № 5: 1.28×10^{10} ($6,13 \times 10^9$ с учетом верхнего предела 95% ДИ); № 6: 8.61×10^8 ($4,42 \times 10^8$ с учетом верхнего предела 95% ДИ).
- 11) Успешно выделена пригодная для генетического анализа ДНК из архивных пятачков крови с рубашки Николая II (возраст ~ 117 лет). Для указанных образцов из пятачков крови определен SNP-профиль mtДНК, профили для 17 Y-хромосомных и 15 аутосомных STR-маркеров (Рис. 8, 9; Табл. 2, 7, 8). Проведено сравнение трех генетических систем (mtДНК, аутосомных и Y-хромосомных STR) в образцах из архивных пятачков крови и костном образце № 4-46. Показана полная идентичность всех трех генетических систем между указанными образцами (Рис. 8, 9; Табл. 2, 7, 8). В том числе показана идентичность гетероплазмичного варианта 16169C/T mtДНК, с преобладающей фракцией 16169C (Рис. 8 В). Полученная вероятность того, что скелет № 4 принадлежит императору Николаю II Романову, не менее чем в 2.03×10^{22} раз выше вероятности, что изученные останки принадлежат случайному неродственному индивиду (Табл. 9).

Совокупность данных генетического анализа аутосомных и Y-хромосомных STR профилей и профилей мтДНК подтверждает гипотезу о том, что останки двух человек (№146 и 147), обнаруженных 29 июля 2007 г. в захоронении в районе Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга, принадлежат брату и сестре. Генотипы индивидов в двух захоронениях, обнаруженных в районе Старой Коптяковской дороги (№ 3, № 4, № 5, № 6, № 7, первое захоронение и № 146, № 147, второе захоронение) соответствуют семейной группе: мать № 7, отец № 4, четыре дочери № 3, № 5, № 6 и № 147 и сын № 146. Результаты сопоставления генетических профилей указанных костных останков и образцов, полученных от ныне живущих родственников семьи Романовых, как по отцовской, так и по материнской линии, подтверждают, что указанные останки принадлежат Николаю II Романову и членам его семьи.

В целом, проведенный анализ предоставляет достаточные доказательства того, что костные останки семи человек, обнаруженные во время раскопок, проведенных 11 июля – 18 августа 1991 г. и 29 июля 2007 г. на участке Старой Коптяковской дороги близ Екатеринбурга, принадлежат последнему российскому императору Николаю II Романову (№ 4) и членам его семьи – супруге императрице Александре Федоровне (№ 7) и пяти детям: великим княжнам Ольге (№ 3), Татьяне (№ 5), Анастасии (вероятно, № 6), Марии (вероятно, № 147) и царевичу Алексею (№ 146).

Соответствие номеров скелетных останков и имен предполагаемых детей приводится в соответствии с результатами антропологического заключения (вне рассмотрения данного экспернского заключения).

Рогаев Е.И.

8 Сентября 2015 г

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(РИСУНКИ и ТАБЛИЦЫ)

Рисунок 1. Последовательность полного митохондриального генома предполагаемых останков царевича Алексея (№ 146), его сестры (второе захоронение) (№ 147) и их родителей, императрицы Александры Федоровны (№ 7) и императора Николая II (№ 4) (первое захоронение). Внутри кольцевого митохондриального генома указаны короткие продукты амплификации. Полные последовательности mtДНК из останков № 7, 146 и 147 идентичны и каждая из них на 2 нуклеотида длиннее, чем последовательность mtДНК из останков скелета № 4 из-за наличия однонуклеотидных вставок в позициях 524.1 (A) и 524.2 (C).



Рисунок 2. Анализ материнских линий семьи Романовых. На родословной представлены материнские линии Николая II, унаследовавшего митохондриальный гаплотип от императрицы Марии Федоровны (принцессы Дагмар, дочери Луизы Гессен-Кассельской и датского короля Кристиана IX). Гаплотип императрицы Александровны Федоровны унаследован от принцессы Алисы, дочери королевы Виктории. Последовательности полного митохондриального генома были определены для костных фрагментов из второго захоронения: № 146 (предполагаемый царевич Алексей) и № 147 (предполагаемая великая княжна Мария), и костных фрагментов из первого захоронения: скелета № 7 (предполагаемая императрица Александра Федоровна) и скелета № 4 (предполагаемый император Николай II). Последовательности полного митохондриального генома или последовательности ГВР mtДНК были также определены для родственников по материнской линии. Большие стрелки в родословной указывают индивидов, для которых была определена полная последовательность mtДНК, маленькие стрелки – индивидов, для которых была установлена последовательность ГВР.

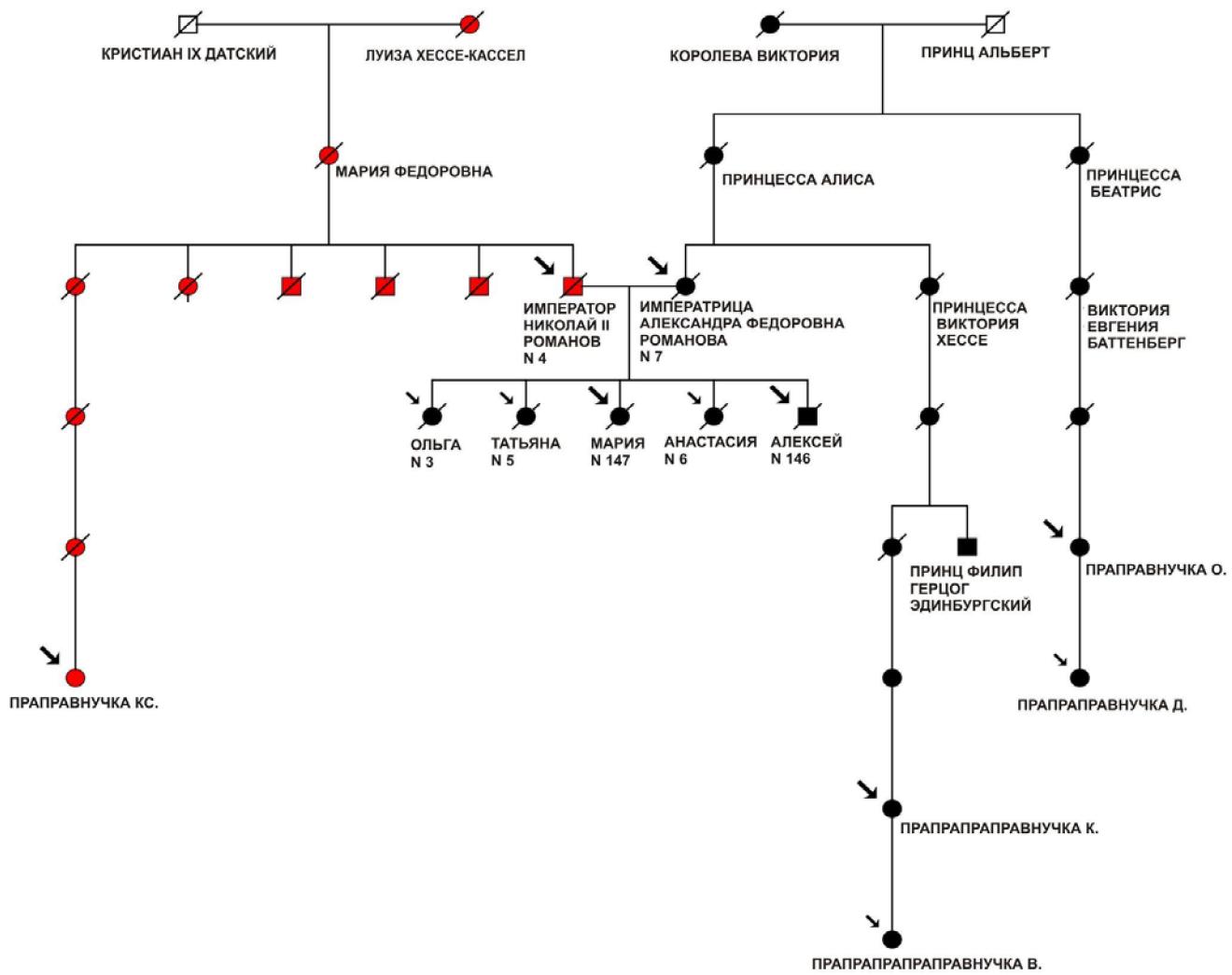


Рисунок 3. Праймеры, разработанные для определения последовательности полного митохондриального гена с помощью коротких перекрывающихся ампликонов, получаемых в результате мультиплексной ПЦР на деградированной человеческой ДНК.

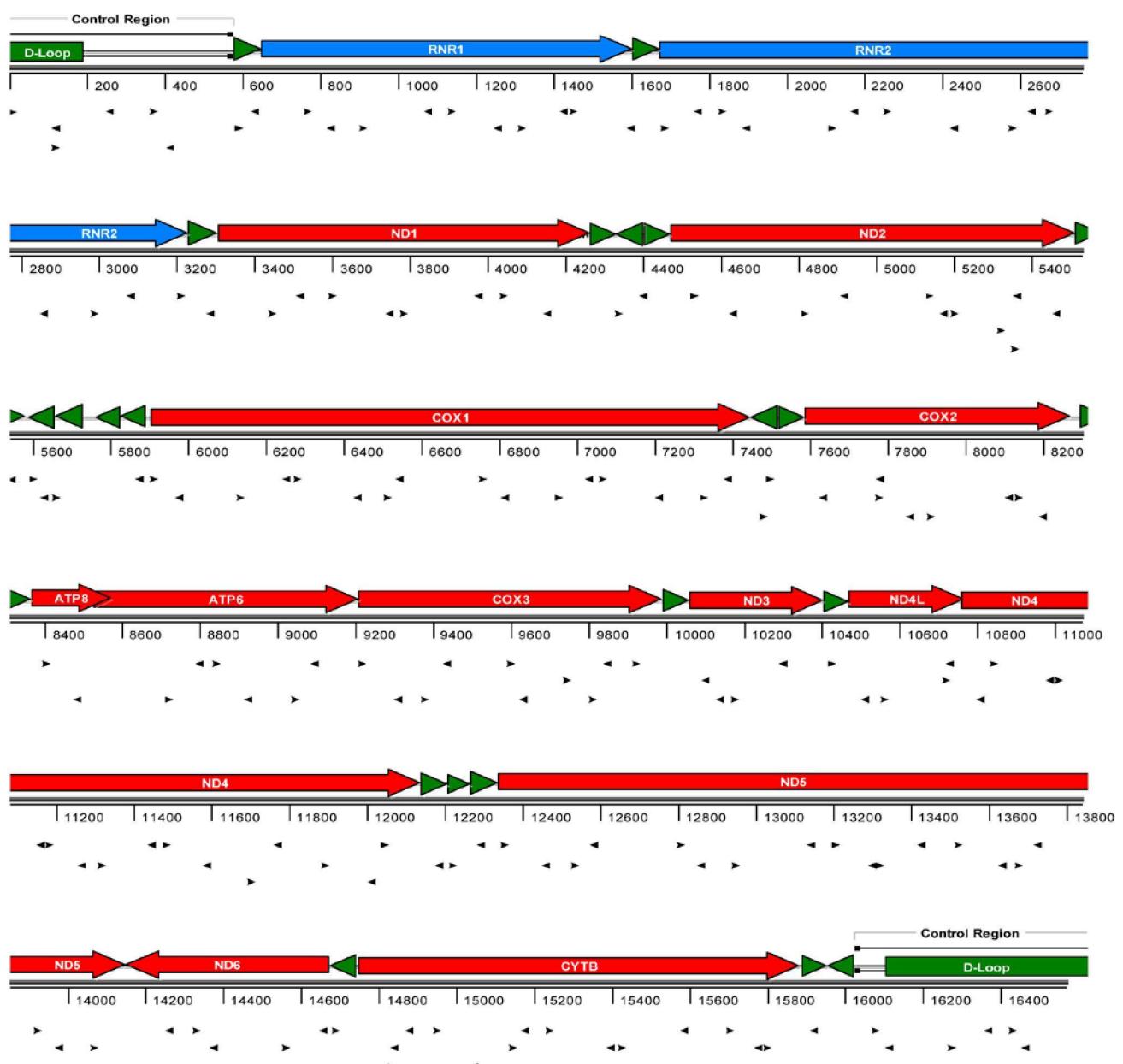


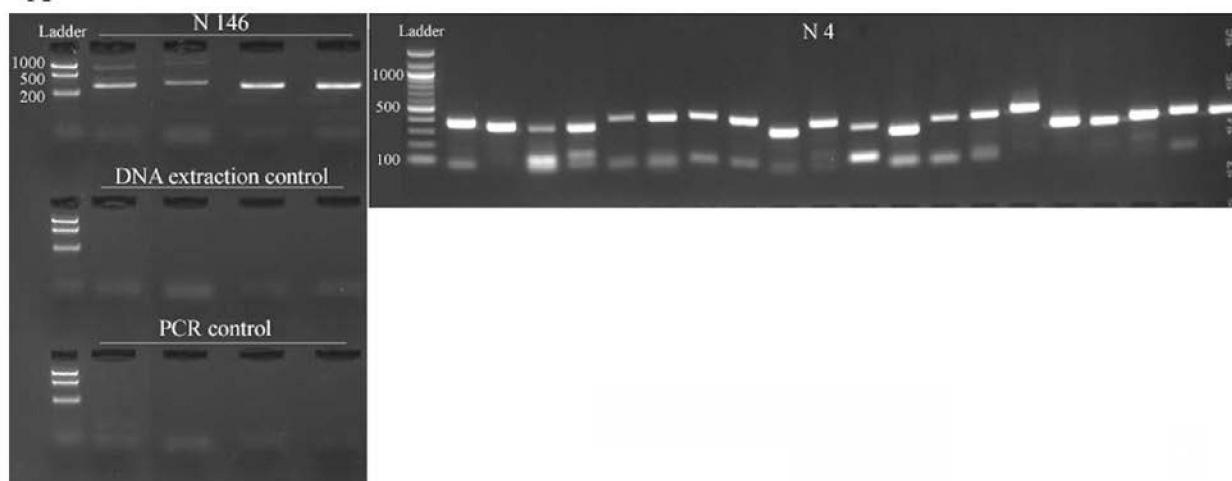
Рисунок 4. Анализ митохондриальной ДНК.

A. Пример электрофорограммы после разделения коротких ампликонов в агарозном геле при определении полной последовательности mtДНК. Левая панель – вверху - первичные продукты ПЦР (образец № 146), в середине – отрицательный контроль при выделении ДНК, внизу – отрицательный контроль ПЦР. **Правая панель** – продукты амплификации, полученные с помощью "индивидуальных" пар праймеров после мультиплексного ПЦР (образец № 4-46, скелет № 4 из первого захоронения, предполагаемые останки Николая II). Фрагменты низкого молекулярного веса представляют димеры праймеров.

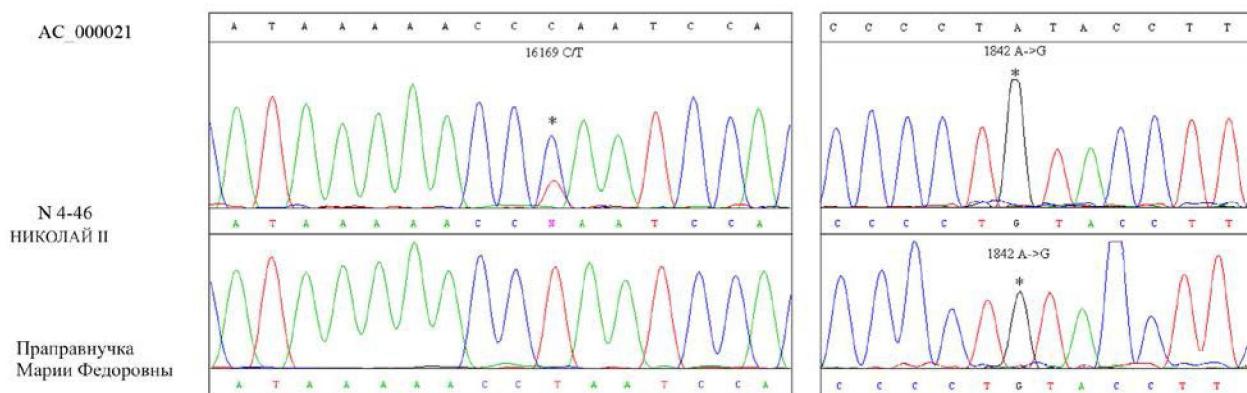
B – сравнение хроматограмм при определении последовательности mtДНК в гетероплазмичной позиции в ГВС1 образца № 4-46 и гомоплазмичный сайт в данном положении у ныне живущего родственника Николая II по материнской линии.

В и **С** – информативные редкие полиморфные сайты в mtДНК, выделенной из исследуемых костных останков, идентичные таковым у ныне живущих родственников – представителей европейских королевских фамилий.

A



B



C

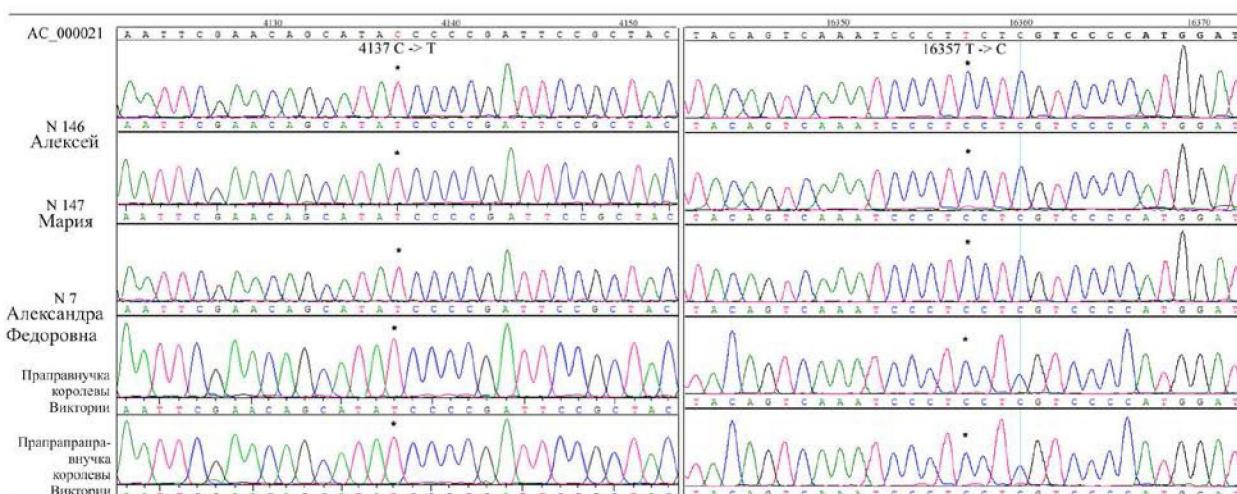


Рисунок 5. Анализ отцовских линий в семье Романовых. STR-профили Y-хромосомы определены для предполагаемых останков царевича Алексея и Николая II и их ныне живущих родственников – прямых потомков Николая I по мужской линии (показаны красными квадратами).

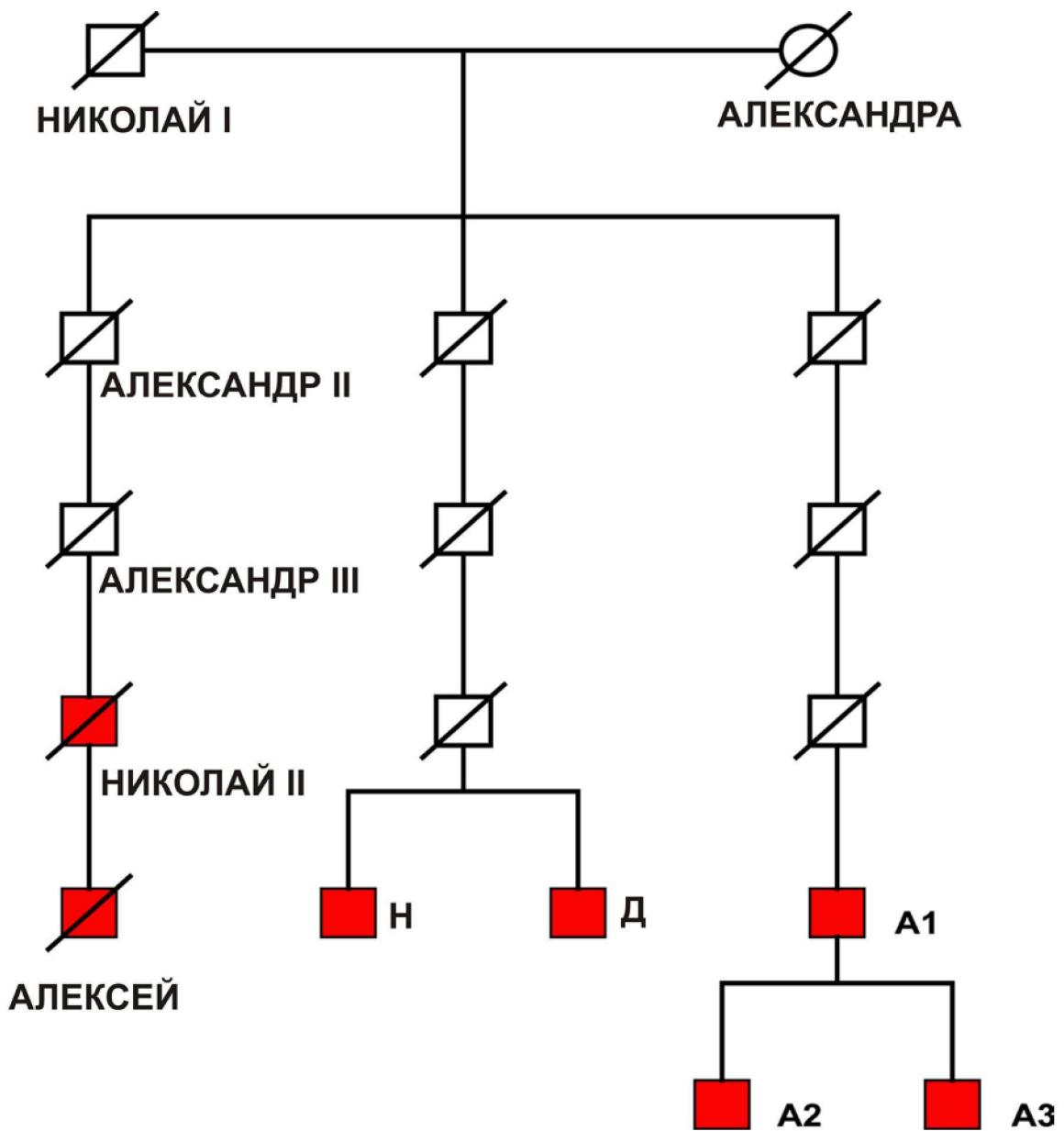
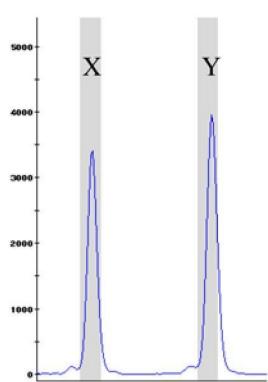
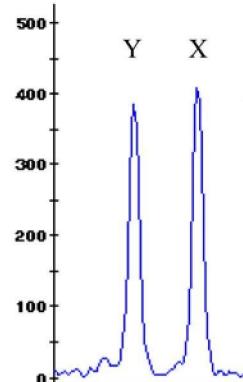


Рисунок 6. Пример идентификации пола по ДНК из останков из второго захоронения с использованием ПЦР-праймеров к локусам амелогенина и FEM4sh X-Y.

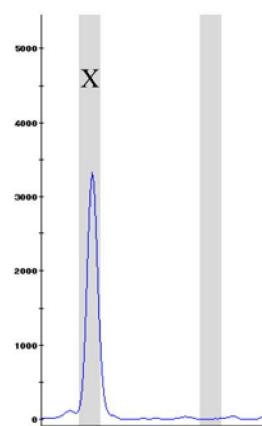
N 146



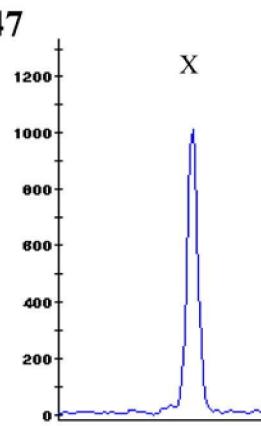
N 146



N 147



N 147



Амелогенин

FEM4sh

Рисунок 7. Пример совпадения STR-аллелей на Y-хромосоме из костных останков образца № 146 (предполагаемый Алексей), скелета № 4 (предполагаемый Николай II) с ДНК, полученной от ныне живущих потомков Романовых по мужской линии.

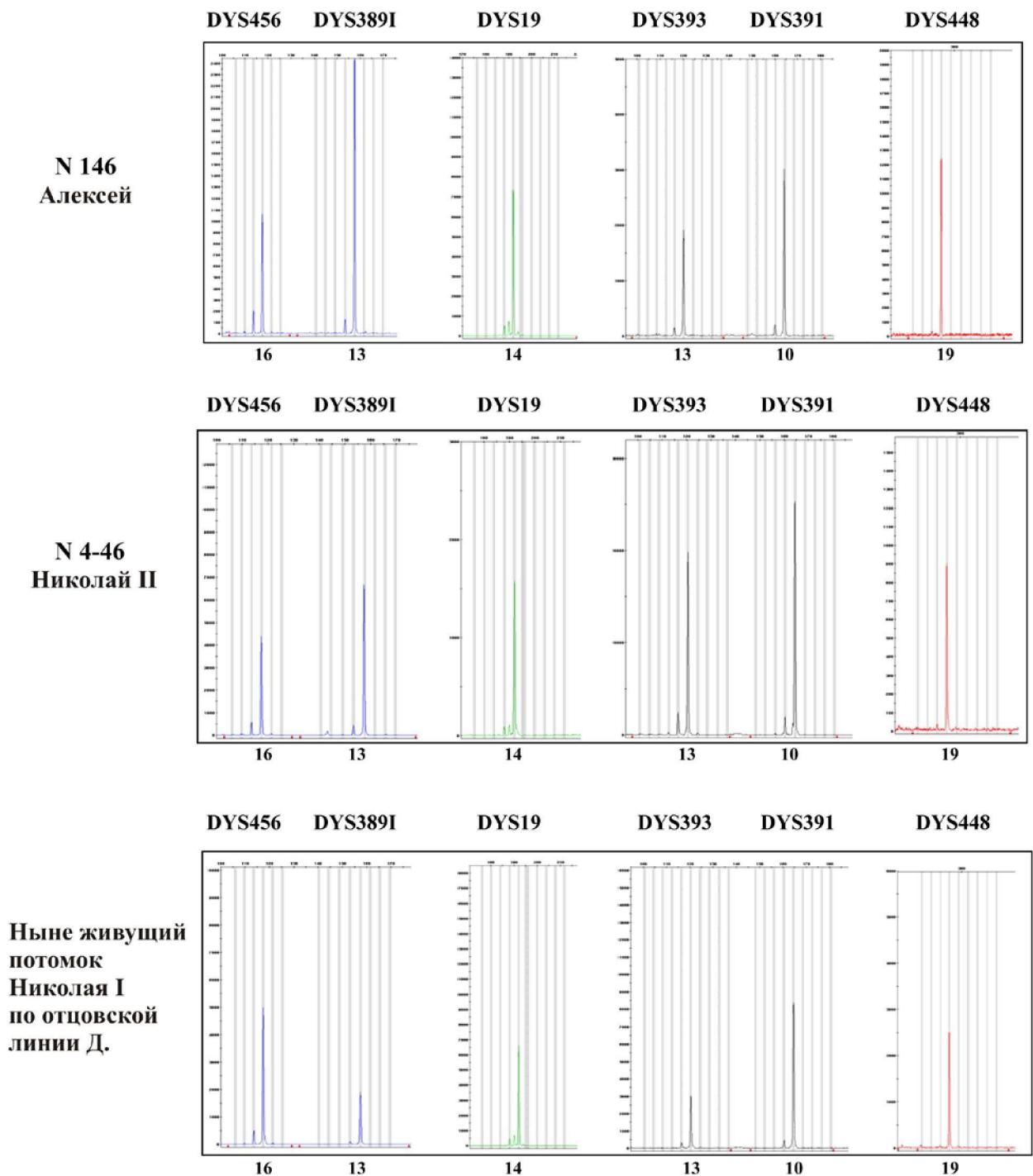


Рисунок 8. Анализ mtДНК из пятна крови Николая II и останков скелета № 4.

А – рубашка Николая II с видимыми следами крови, использованными для выделения ДНК. **Б** – пример тампона с пятнами крови, собранной с сухих пятен на рубашке Николая II. **В** – Сравнение хроматограмм, полученных при определении последовательностей mtДНК из музейного образца крови Николая II (вверху) и костного образца № 4-46 (внизу). В обоих образцах обнаружена гетероплазия.



Рисунок 8 (Продолжение).

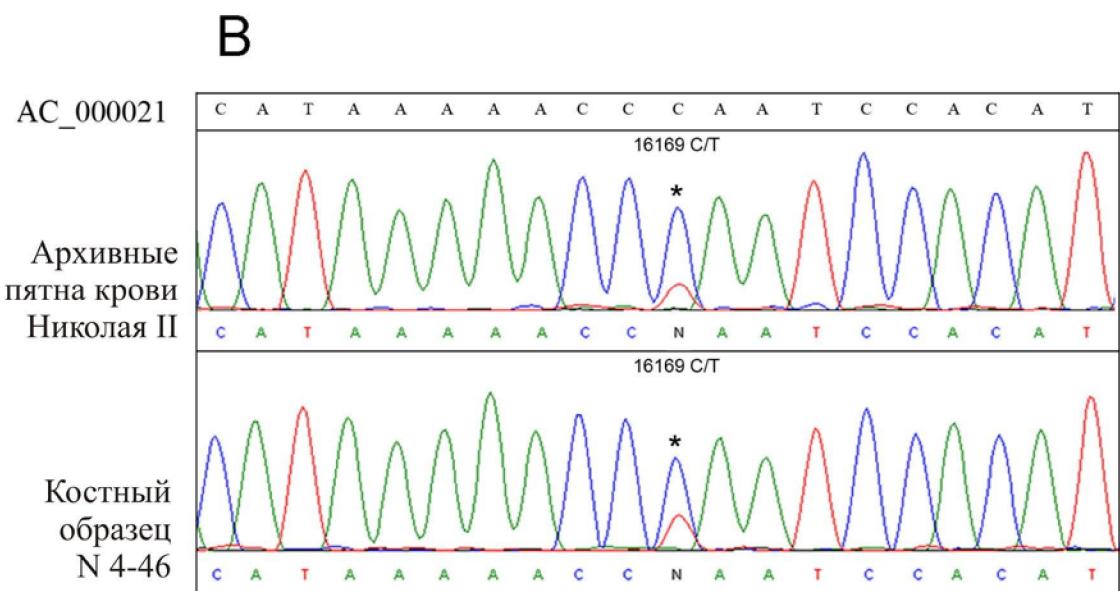


Рисунок 9. Генотипирование ДНК из архивных образцов крови Николая II.

Примеры:

A – редкие варианты мтДНК,

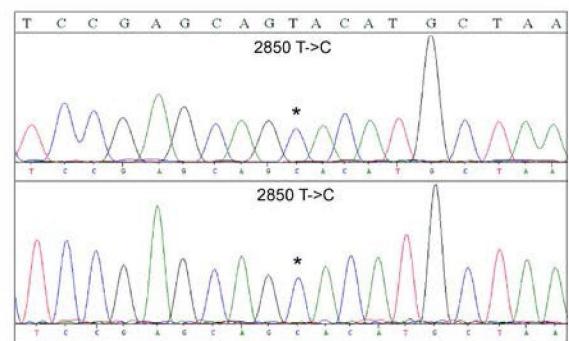
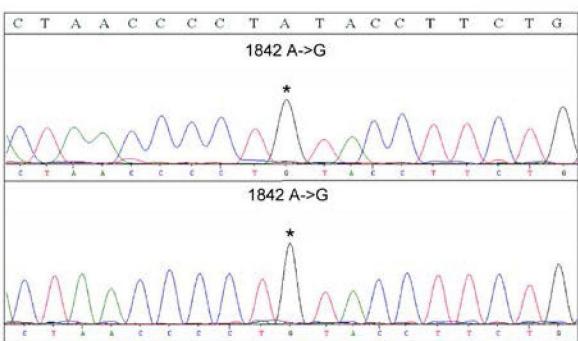
B – Y-STR маркеры,

A

AC_000021

Архивные
 пятна крови
 Николая II

N 4-46
Николай II



B

DYS456

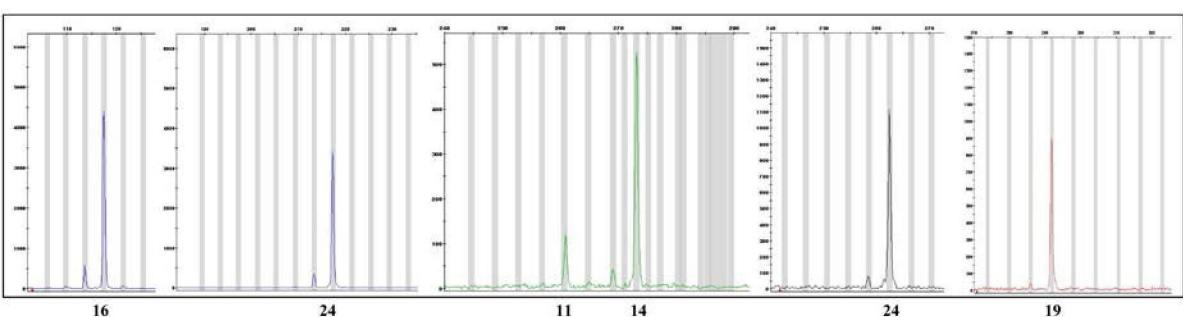
DYS390

DYS385

DYS635

DYS448

N 4-46
Николай II



Архивные
 пятна крови
 Николая II

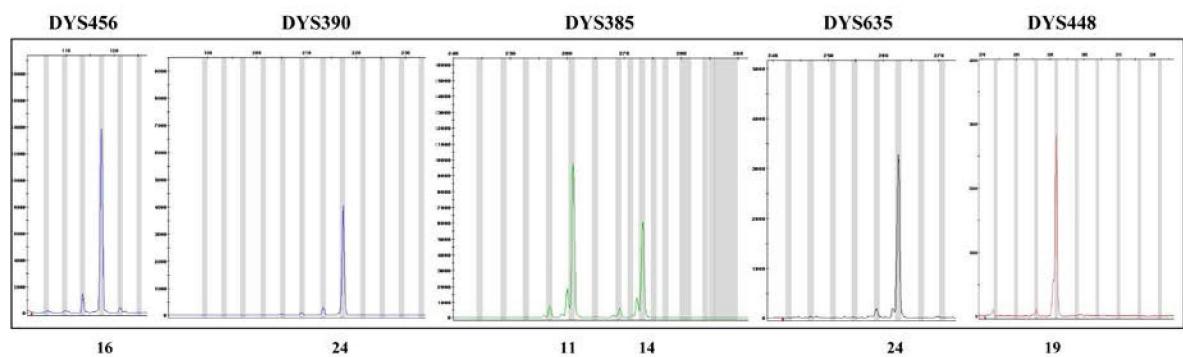


Рисунок 9 (Продолжение).

С – аутосомные STR маркеры

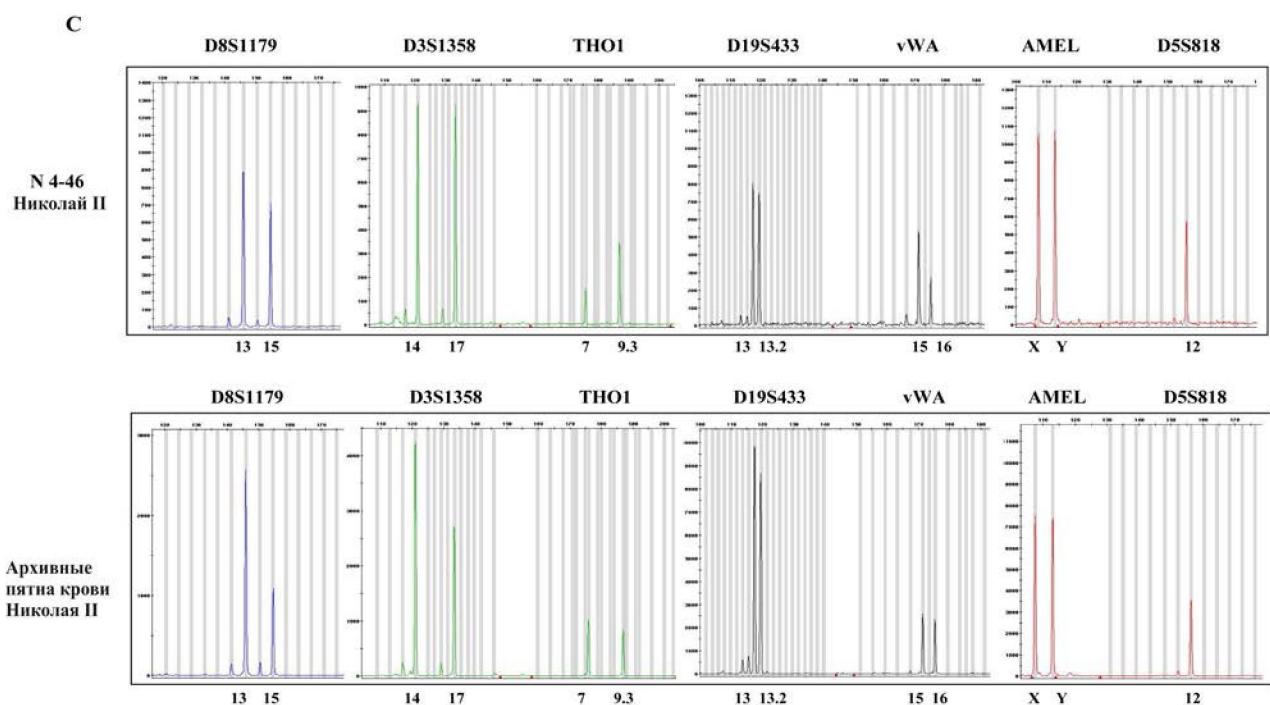


Рисунок 10. Анализ половых и аутосомных STR-маркеров показал, что останки № 146 и № 147 (второе захоронение) имеют генотипы, которые не идентичны ни одному из скелетных останков из первого захоронения. Сравнение генотипов всех индивидуумов согласуется с гипотезой о наличии семейной группы, состоящей из двух родителей и пяти детей. Для подтверждения достоверности анализа результаты были получены независимо в нескольких воспроизведениях. Показаны STR-аллели, выявленные у каждого индивида в нескольких независимых воспроизведениях.

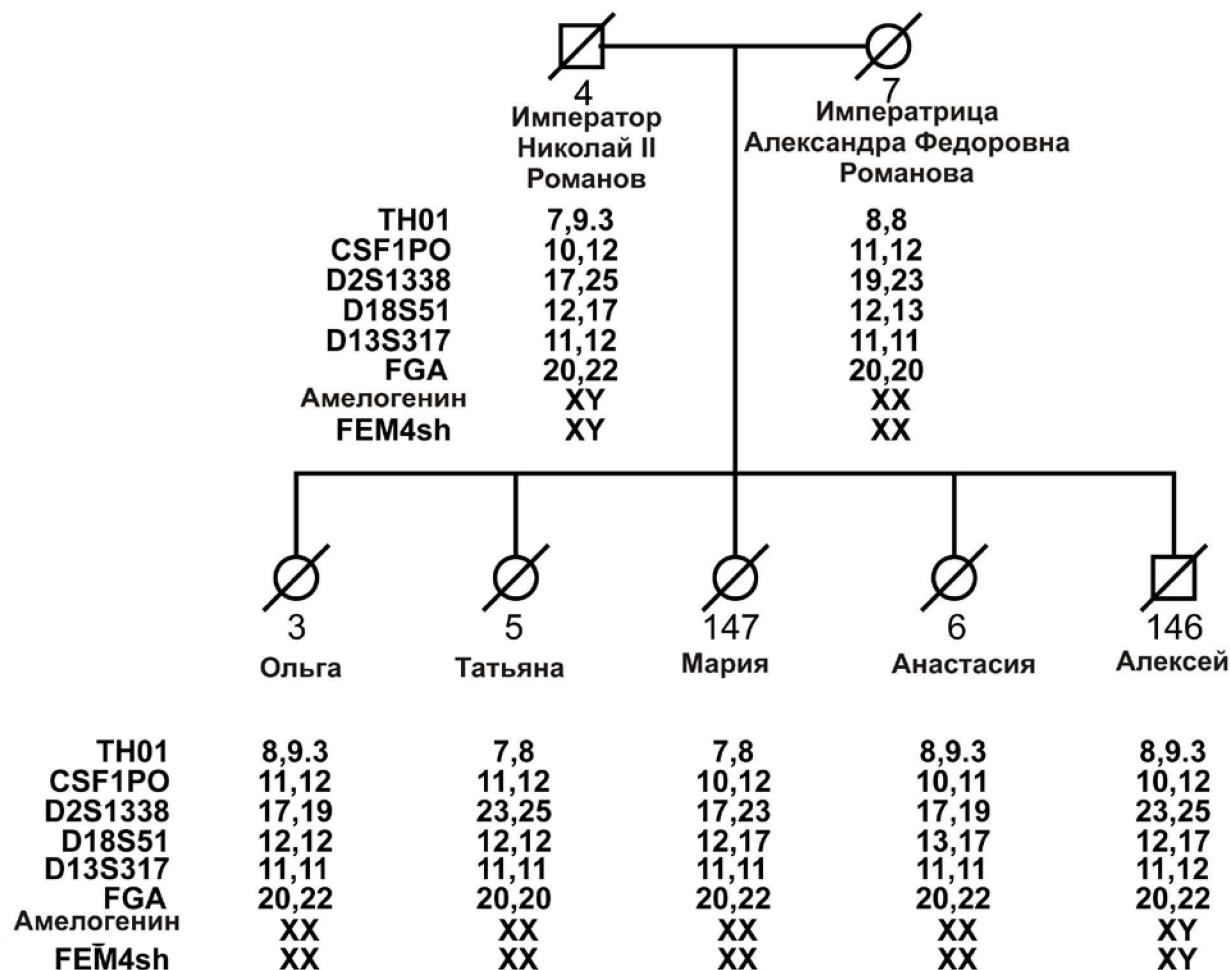


Таблица 1. Анализ полных последовательностей mtДНК. Однонуклеотидные полиморфные варианты (SNP), обнаруженные в последовательностях полного митохондриального генома из останков № 146 (предполагаемый царевич Алексей) и № 147 (предполагаемая княжна Мария), № 7 (предполагаемая императрица Александра Федоровна) и их родственников – потомков королевы Виктории по материнской линии.

№	Позиция SNP	CS	N 146		N 147	N 7	V1	V2	Частота	Локализация
			N 146	N146em [†]						
1	263	A	G	G	G	G	G	G	0.997	D-Loop
2	315.1	-	C	C	C	C	C	C	0.961	D-Loop
3	524.1	-	A	A	A	A	A	A	0.014	D-Loop
4	524.2	-	C	C	C	C	C	C	0.014	D-Loop
5	750	A	G	G	G	G	G	G	0.992	12S rRNA
6	1438	A	G	G	G	G	G	G	0.969	12S rRNA
7	3010	G	A	A	A	A	A	A	0.203	16S rRNA
8	4137	C	T	T	T	T	T	T	0.001	ND1
9	4769	A	G	G	G	G	G	G	0.989	ND2
10	8860	A	G	G	G	G	G	G	0.998	ATPase6*
11	15326	A	G	G	G	G	G	G	0.994	Cytb*
12	16111	C	T	T	T	T	T	T	0.019	D-Loop
13	16357	T	C	C	C	C	C	C	0.013	D-Loop
14	16519	T	C	C	C	C	C	C	0.597	D-Loop

V1 – праправнучка королевы Виктории; V2 – прапрапраправнучка королевы Виктории;

CS – Кембриджская последовательность, номер доступа в GeneBank AC_000021

* Несинонимичные Thr -> Ala замены.

[†] Полногеномная амплификация в эмульсионной ПЦР.

Показаны позиции, отличающиеся от исправленной Кембриджской последовательности (rCRS).

Жирным шрифтом выделены редкие SNP (<10%).

Таблица 2. Анализ полных последовательностей mtДНК. Однонуклеотидные полиморфные варианты (SNP) обнаружены в последовательностях митохондриального генома, полученных из образцов скелета № 4 (предполагаемый Николай II) и наследника императрицы Марии (принцессы Дагмар) по материнской линии Хессе-Кассел.

№	Позиция	CS	N 4	MF1	Частота	Локализация
1	73	A	G	G	0.834	D-loop
2	263	A	G	G	0.997	D-Loop
3	315.1	-	C	C	0.961	D-Loop
4	709	G	A	A	0.164	12S rRNA
5	750	A	G	G	0.992	12S rRNA
6	1438	A	G	G	0.969	12S rRNA
7	1842	A	G	G	0.002	16S rRNA
8	1888	G	A	A	0.053	16S rRNA
9	2706	A	G	G	0.805	16S rRNA
10	2850	T	C	C	0.004	16S rRNA
11	4216	T	C	C	0.090	ND1*
12	4769	A	G	G	0.989	ND2
13	4917	A	G	G	0.048	ND2*
14	6257	G	A	A	0.006	COI
15	7022	T	C	C	0.004	COI
16	7028	C	T	T	0.813	COI
17	8697	G	A	A	0.047	ATPase6
18	8860	A	G	G	0.998	ATPase6*
19	10463	T	C	C	0.047	tRNA Arg
20	11251	A	G	G	0.087	ND4
21	11719	G	A	A	0.777	ND4
22	11812	A	G	G	0.033	ND4
23	13368	G	A	A	0.049	ND5
24	13965	T	C	C	0.006	ND5
25	14233	A	G	G	0.034	ND6
26	14687	A	G	G	0.008	tRNA Glu
27	14766	C	T	T	0.774	Cytb*
28	14905	G	A	A	0.051	Cytb
29	15326	A	G	G	0.994	Cytb*
30	15452	C	A	A	0.087	Cytb*
31	15607	A	G	G	0.055	Cytb
32	15928	G	A	A	0.049	tRNA Thr
33	16126	T	C	C	0.089	D-loop
34	16169	C	C / T [†]	T	0.990/ 0.005	D-loop
35	16294	C	T	T	0.057	D-loop
36	16296	C	T	T	0.024	D-loop
37	16519	T	C	C	0.597	D-Loop

MF1 – праправнучка императрицы Марии Федоровны;

CS – Кембриджская последовательность, AC_000021

* Несинонимичные замены.

[†] Образцы № 4 демонстрируют гетероплазмию в позиции 16169 (С – преобладающая форма).

Показаны позиции, отличающиеся от rCRS.

Жирным шрифтом выделены редкие SNP (<10%). Эти множественные редкие SNP и SNP в ГВР1 вместе с гетероплазмий 16169 С/Т были также выявлены в архивных образцах крови Николая II.

Таблица 3. Анализ полных последовательностей мтДНК для скелетов № 7 и № 4 и костных образцов № 146 и № 147.

База данных	Гаплотип	Количество совпадающих гаплотипов	Количество образцов в базе данных	Оценка частоты гаплотипа	95% ДИ Верхний предел
N7, N146, N147 (императрица Александра и дети)					
EUROS ¹	16111T 16357C	0	14486	0.000069	0.000207
Mitosearch ²	16111T 16357C 16519C	1	71664	0.000028	0.000041
mtDB ³	Мт геном	0	2704	0.000370	0.001107
N4, вариант 16169C (император Николай II)					
EUROS ¹	16126C 16294T 16296T	86	14486	0.006005	0.007188
Mitosearch ²	16126C 16294T 16296T 16519C	86	71664	0.001214	0.001454
mtDB ³	Мт геном	0	2704	0.000370	0.001107
N4, вариант 16169T (император Николай II)					
EUROS ¹	16126C 16169T 16294T 16296T	0	14486	0.000069	0.000207
Mitosearch ²	16126C 16169T 16294T 16296T 16519C	0	71664	0.000014	0.000042
mtDB ³	Мт геном	0	2704	0.000370	0.001107

Частоты гаплотипов мтДНК в популяционных базах данных. Мы также идентифицировали редкие гаплотипы мтДНК 16111T, 16357C и 16519C для предполагаемых останков детей (№ 3, № 5 и № 6) императрицы Александры Федоровны (№ 7) из первого погребения.

¹База данных EUROS включает литературные данные и наши неопубликованные данные о ГВР1 мтДНК для различных этносов, особенно значимых для данного исследования: Западая и Восточная Европа, славянские популяции, русские из различных географических регионов и другие этнические группы, населяющие территорию бывшей Российской Империи (в границах 1917 г.).

²Mitosearch: <http://www.mitosearch.org/>

³mtDB - Human Mitochondrial Genome Database: <http://www.genpat.uu.se/mtDB/>, включает 1865 полных последовательностей и 839 последовательностей кодирующего региона мтДНК.

Таблица 4. Анализ Y-хромосомных STR. STR-гаплотипы.

Y-STR аллели были определены для костного образца 4-46 из скелета № 4 (предполагаемый Николай II) из первого захоронения и для № 146 (предполагаемый Алексей) из второго захоронения, а также для мужчин – потомков Николая I по мужской линии. Выпадение отдельных аллелей при амплификации ДНК является известной проблемой при анализе малого количества деградированной ДНК. STR аллели были определены во множественных независимых воспроизведениях ПЦР с использованием не менее трех различных экстракций ДНК. Аутентичными считались только аллели, проявившиеся минимум в двух повторных анализах. При этих условиях был получен полный профиль для костных образцов скелета № 4. Для низкокопийной высокодеградированной ДНК часты выпадающие аллели для STR-маркеров. Маркер DYS385 детектирует два локуса на Y-хромосоме. Аллель с высоким молекулярным весом (DYS385/ 14) наблюдался только один раз в повторяющихся экспериментах с ДНК, экстрагированной из образца № 146, поэтому данный аллель для образца № 146 формально обозначен как неопределенный (ND).

Маркер	N 4	N 146	Члены семьи Романовых	Контрольная ДНК ABI, 007
DYS456	16	16	16	15
DYS389I	13	13	13	13
DYS390	24	24	24	24
DYS389II	29	29	29	29
DYS458	17	17	17	17
DYS19	14	14	14	15
DYS385	11, 14	11, ND	11, 14	11, 14
DYS393	13	13	13	13
DYS391	10	10	10	11
DYS439	11	11	11	12
DYS635	24	24	24	24
DYS392	13	13	13	13
Y-GATA-H4	12	12	12	13
DYS437	15	15	15	15
DYS438	12	12	12	12
DYS448	19	19	19	19

Таблица 5. Анализ STR Y-хромосомы. Частота Y-STR типа «Николай I» (идентичный № 146 (предполагаемый Алексей), № 4 (предполагаемый Николай II) и образцам от ныне живущих родственников Николая II) в популяционных базах данных.

Частоты Y-STR профиля в популяциях мира рассчитывались с помощью базы данных US consolidate database (<http://www.usystrdatabase.org/>). Данные по русским брались из базы данных Y Chromosome Haplotype Reference Database (YHRD, <http://www.yhrd.org/index.html>).

A – 17 локусов DYS19, DYS385ab, DYS389I, DYS389II, DYS390, DYS391, DYS392, DYS393, DYS438, DYS439, DYS437, DYS448,

DYS456, DYS458, DYS635 (YGATA C4), YGATA H4 или 15 локусов без DYS385ab.

B – 11 локусов DYS19, DYS389I/II, DYS390, DYS391, DYS392, DYS393, DYS385ab, DYS438, DYS439 или 9 локусов без DYS385ab.

База данных	Сравниваемые локусы	Популяция/регион	Количество образцов в базе данных	Количество совпадений	Оценка частоты Y-гаплотипа	95% С.И. Верхняя граница
US Cons.	A	Мировая популяция	4163	0	0.000240	0.000719
YHRD	B	Россия	1261	0	0.000792	0.002373

Таблица 6. Аутосомные STR профили в костных образцах первого захоронения и № 147 из второго захоронения.

Образцы	TH01	CSF1PO	D2S1338	D13S317	D18S51	FGA	D7S820	D21S11	D16S539	D8S1179
№ 7	8, 8	11, 12	19, 23	11, 11	12, 13	20, 20	10, 12	32.2, 30	9, 11	16, 16
№ 4	7, 9.3	10, 12	17, 25	11, 12	12, 17	20, 22	12,12	32.2, 33.2	11, 14	13,15
№ 3	8, 9.3	11, 12	17, 19	11, 11	12, 12	20, 22	12,12	30, 33.2	11, 11	13, 16
№ 5	7,8	11, 12	23, 25	11, 11	12, 12	20, 20	10,12	32.2, 33.2	11,11	15, 16
№ 147	7, 8	10, 12	17, 23	11, 11	12, 17	20, 22	10,12	30, 33.2	9, 11	15, 16
№ 6	8, 9.3	10, 11	17, 19	11, 11	13, 17	20, 22	12,12	30, 33.2	11, 14	13, 16

Таблица 7. STR-профиль Y-хромосомы для скелета № 4 и образцов пятен крови Николая II.

Y-STR генотип был подтвержден в множественных воспроизведениях для двух экстрактов из бедренной кости 4-46. Полный Y-STR профиль был определен для всех трех экстракций ДНК из образцов пятен крови Николая II с использованием системы AmpFlSTR Yfiler. Отрицательные контроли экстракции ДНК (продемонстрировавшие отсутствие продуктов амплификации) были включены во все эксперименты по типированию STR. Положительные контроли (контрольная ДНК ABI или ДНК исследователей) демонстрируют различные профили STR.

N 4-46	Архивные пятна крови Николая II (экстракт N 1U)	Архивные пятна крови Николая II (экстракт N 2U)	Архивные пятна крови Николая II (экстракт N 3U)
DYS456	16	16	16
DYS389I	13	13	13
DYS390	24	24	24
DYS389II	29	29	29
DYS458	17	17	17
DYS19	14	14	14
DYS385	11, 14	11, 14	11, 14
DYS393	13	13	13
DYS391	10	10	10
DYS439	11	11	11
DYS635	24	24	24
DYS392	13	13	13
Y-GATA-H4	12	12	12
DYS437	15	15	15
DYS438	12	12	12
DYS448	19	19	19

Таблица 8. Аутосомный STR-профиль для скелета № 4 и образцов пятен крови Николая II. Типирование ДНК осуществлялось для трех независимых образцов ДНК, экстрагированных из пятен крови, и двух различных образцов ДНК, экстрагированных из бедренной кости 4-46. В серийных повторах использовались мультиплексные STR-наборы, включающие AmpFlSTR Identifiler (Applied Biosystems), PowerPlex S5 (Promega) и AmpFlSTR MiniFiler (Applied Biosystems). Генотипы были подтверждены в воспроизведениях с использованием всех трех мультиплексных систем.

N 4-46	Архивные пятна крови Николая II (экстракт N 1U)	Архивные пятна крови Николая II (экстракт N 2U)	Архивные пятна крови Николая II (экстракт N 3U)
CSF1PO	10, 12	10, 12	10, 12
D2S1338	17, 25	17, 25	17, 25
D3S1358	14,17	14,17	14,17
D5S818	12, 12	12, 12	12, 12
D7S820	12, 12	12, 12	12, 12
D8S1179	13, 15	13, 15	13, 15
D13S317	11, 12	11, 12	11, 12
D16S539	11, 14	11, 14	11, 14
D18S51	12, 17	12, 17	12, 17
D19S433	13, 13.2	13, 13.2	13, 13.2
D21S11	32.2, 33.2	32.2, 33.2	32.2, 33.2
FGA	20, 22	20, 22	20, 22
TH01	7, 9.3	7, 9.3	7, 9.3
TPOX	8,8	8,8	8,8
vWA	15, 16	15, 16	15, 16
AMEL	XY	XY	XY

Таблица 9. Отношения правдоподобия (LR) для индивидуальной идентификации предполагаемых останков Николая II. Сравнение профилей ДНК из образцов скелета № 4 и архивных образцов крови Николая II.

Аутосомные STR*	5.03×10^{19}	(2.25×10^{19})
Y-STR	4.16×10^3	(1.39×10^3)
мтДНК	2.71×10^3	(9.03×10^2)
Аутосомные STR* и Y-STR	2.10×10^{23}	(3.13×10^{22})
Аутосомные STR и мтДНК	1.36×10^{23}	(2.03×10^{22})

* Представлены величины LR для 15 аутосомных STR локусов. Отношения правдоподобия, рассчитанные с использованием верхнего предела 95% ДИ оценок частот аллелей и гаплотипов, даны в круглых скобках.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДИ – доверительный интервал

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

мтДНК – митохондриальная ДНК

ГВР 1 – гипервариабельный регион 1 митохондриальной ДНК

ГВР 2 – гипервариабельный регион 2 митохондриальной ДНК

П.н. – пара нуклеотидов

ПЦР – полимеразная цепная реакция

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

SNP – однонуклеотидные полиморфные варианты

STR – короткие tandemные повторы

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Список образцов, использованных для проведения экспертизы

Костные образцы из первого и второго захоронений

Второе захоронение: один из фрагментов левого бедра (образец № 146), фрагмент верхней трети правого бедра (образец № 147).

Первое захоронение: образцы № 3-46, № 4-46, № 5-11, № 5-25, № 6-12, № 6-16, № 7-32, № 7-40, № 7-49.

Родственники императорской семьи Романовых, предоставившие биологические образцы для проведения экспертизы

Родственники по отцовской линии (потомки императора Николая I (1796-1855), отца Николая II):

Романов Н.Р. (род. 1922) – правнук великого князя Николая (1831-1891) (сына императора Николая I)

Романов Д.Р. (род. 1926) – правнук великого князя Николая (1831-1891) (сына императора Николая I)

Романов А.А. (род. 1923) – правнук великого князя Михаила (1832-1909) (сына императора Николая I)

Романов А.А. (род. 1953) – праправнук великого князя Михаила (1832-1909) (сына императора Николая I)

Романов А.А. (род. 1963) – праправнук великого князя Михаила (1832-1909) (сына императора Николая I)

Родственники по материнской линии:

Итальянская княгиня (род. 1943) и ее дочь (род. 1985) – праправнучка и прапраправнучка королевы Виктории (1819-1901), бабушки императрицы Александры Федоровны

Принцесса Югославии (род. 1959) и ее дочь (род. 1991) – праправнучка и прапраправнучка принцессы Виктории Хессе (1863-1950), сестры императрицы Александры Федоровны

К.С. (род. 1942) – правнучка великой княгини Ксении Александровны (1875-1960), сестры Николая II.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Полная последовательность митохондриального генома из костного образца № 146 (второе захоронение)

3601 tcaacctagg cctcctattt attctagcca cctctagcct agccgtttac tcaatcctct
3661 gatcagggtg agcatcaaac tcaaactacg ccctgatcg cgcaactgcga gcagtagccc
3721 aaacaatctc atatgaagtcc accctagcca tcattctact atcaacatta ctaataagtgc
3781 gctcctttaa cctctccacc cttatcacaa cacaagaaca cctctgatta ctccctgccat
3841 catgaccctt ggccataata tgatttatct ccacactagc agagaccaac cgaacccccc
3901 tcgacccctg cgaaggggag tccgaactag tctcaggctt caacatcgaa tacgcccgcag
3961 gcccccttcgc cctattcttc atagccgaat acacaaacat tattataata aacaccctca
4021 ccactacaat cttcttagga acaacatag acgcactctc ccctgaactc tacacaacat
4081 attttgtcac caagacccta cttctaacct ccctgttctt atgaattcga acagcatatc
4141 cccgattccg ctacgaccaa ctcatacacc tcctatgaaa aaacttccta ccactcaccc
4201 tagcattact tatatgatat gtctccatac ccattacaat ctccagcatt ccccctcaaa
4261 cctaagaaat atgtctgata aaagagttac ttgtatagag taaataatag gagcttaaac
4321 ccccttattt cttaggactat gagaatcgaa cccatccctg agaatccaaa attctccgtg
4381 ccacctatca caccatcc taaagtaagg tcaagctaaat aagctatcgg gcccataccc
4441 cgaaaaatgtt ggttataccc ttcccgtact aattaatccc ctggcccaac cggcatctca
4501 ctctaccatc tttgcaggca cactcatcac agcgctaagc tcgcactgat ttttacctg
4561 agtaggccta gaaataaaca tgctagctt tattccaggta ctaaccaaaa aaataaacc
4621 tcgttccaca gaagctgcca tcaagtatcc ctcacgcaa gcaaccgcatt ccataatcct
4681 tctaatacgat atcccttca acaatatact ctcggacaa tgaaccataa ccaataactac
4741 caatcaatac tcatcattaa taatcataat ggctatagca ataaaactag gaatagcccc
4801 ctttcacttc tgagtcccag aggttaccca aggacccct ctgacatccg gcctgcttct
4861 tctcacatga caaaaaactag ccccatctc aatcatatac caaatctctc cctcaactaaa
4921 cgtaagcctt ctcctcactc tctcaatctt atccatcata gcaggcagtt gaggtggatt
4981 aaaccaaacc cagctacgca aaatcttagc atactcctca attaccaca taggatgaat
5041 aatagcaggat ctaccgtaca accctaacat aaccattctt aatttaacta ttatattat
5101 cctaactact accgcattcc tactactcaa cttaaactcc agcaccacga ccctactact
5161 atctcgacc tgaaacaagc taacatgact aacaccctt attccatcca ccctccctctc
5221 cctaggagggc ctgccccgc taaccggctt ttggcccaaa tgggccatta tgcagaatt
5281 cacaaaaaaac aatagcctca tcatccccac catcatagcc accatcaccc tccttaacct
5341 ctacttctac ctacgcctaa tctactccac ctcaatcaca ctactccca tatctaacaa
5401 cgtaaaaaata aaatgacagt ttgaacatac aaaacccacc ccattccctcc ccacactcat
5461 cgcccttacc acgctactcc tacctatctc ccctttata ctaataatct tatagaaatt
5521 taggttaaat acagaccaag agccttcaaa gcctcagta agttgcaata ctaatttct
5581 gtaacagcta aggactgca aacccactc tgcatcaact gaacgcaaat cagccacttt
5641 attaaagcta agcccttact agaccaatgg gacttaaacc cacaacact tagttaacag
5701 ctaagcaccc taatcaactg gcttcaatct acttctcccg ccggccggaa aaaaggccgg
5761 agaagccccc gcagggttga agctgcttct tcgaatttgc aattcaatat gaaaatcacc
5821 tcggagctgg taaaaagagg cctaaccct gtcttagat ttacagtcca atgcttca
5881 cagccatttt acctcacccc cactgatgtt cgccgaccgt tgactattct ctacaaacca
5941 caaagacatt ggaacactat acctattatt cggcgcata gctggagtcc taggcacagc
6001 tctaagcctc cttattcgag ccgagctggg ccagccaggc aaccttcttag gtaacgacca
6061 catctacaac gttatcgta cagccatgc atttgcata atcttctca tagtaatacc
6121 catcataatc ggaggcttt gcaactgact agtccccta ataatcggtg ccccccgtat
6181 ggcgtttccc cgcataaaaca acataagctt ctgactctt cctccctctc tcctactcct
6241 gctcgcatct gctatacggtt aggccggagc aggaacacgg tgaacagtct accctccctt
6301 agcagggAAC tactccacc ctggagctc cgtagaccta accatcttct cttacacacc
6361 agcaggtgtc tcctctatct taggggccat caatttcata acaacaatta tcaatataaa
6421 acccccctgcc ataacccaaat accaaacgccc cctcttcgtc tgatccgtcc taatcacagc
6481 agtcctactt ctcctatctc tcccagtctc agctgctggc atcactatac tactaacaga
6541 cccgcaaccc aacaccaccc tcttcgaccc cggccggagga ggagacccca ttctatacca
6601 acaccttattc tgattttcg gtcaccctga agtttatatt ctatcttac caggcttcgg
6661 aataatctcc catattgtaa ctactactc cggaaaaaaaaaa gaaccatttg gatacatagg
6721 tatggctgtc gctatgatata caattggctt cctagggttt atcggtgag cacaccata
6781 atttacagta ggaatagacg tagacacacg agcatatttc acctccgcta ccataatcat
6841 cgctatcccc accggcgtca aagtatttag ctgactcgcc acactccacg gaagcaataat
6901 gaaatgatct gctgcagtgc tctgagccct aggattcatc ttctttca ccgtagggtgg
6961 cctgactggc attgtattag caaactcatc actagacatc gtactacacg acacgtacta
7021 cggttagcc cacttccact atgtcttatac aataggagct gtatttgcca tcataggagg
7081 cttcattcac tgattttccc tattctcagg ctacaccctt gaccaacccct acgccaaaaat
7141 ccatttcaact atcatattca tcggcgtaaa tctaactttc ttcccacaac actttctcg
7201 cctatccgga atgccccgac gttactcgga ctaccccgat gcatacacca catgaaacat
7261 cctatcatct gtaggctcat tcatttctct aacagcgtta atattaataa ttctcatgtat
7321 ttgagaagcc ttgcgttgc agcggaaaatg cctaatacgta gaagaacccct ccataaacct
7381 ggagtgacta tatggatgcc ccccaccctt ccacacattc gaagaacccg tatacataaa
7441 atcttagacaa aaaaggaagg aatcgaaaccc cccaaagctg gtttcaagcc aaccccatgg
7501 cttccatgac tttttcaaaa aggtattaga aaaaccattt cataactttg tcaaagttaa

11521 acaaaaacaca tagccttaccc cttccttgcataatccat gaggcataat tataacaagc
 11581 tccatctgcc tacgacaaaac agacctaaaa tcgccttgcataacttc aatcagccac
 11641 atagccctcg tagtaacagc cattctcatc caaacccttgcataacttc aatcagccac
 11701 attctcataa tcgcccacgg gcttacatcc tcattactat tctgccttagc aaactcaa
 11761 tacgaacgca ctcacagtcg catcataatc ctctctcaag gacttcaaac tctactcc
 11821 ctaatagctt tttgtatgact tctagcaagc ctcgctaacc tcgccttacc ccccactatt
 11881 aacctactgg gagaactctc tgtgcttaga accacgttct cctgatcaaa tatcactctc
 11941 ctacttacag gactcaacat actagtacaca gccctatact ccctctacat attaccaca
 12001 acacaatggg gctcaactcac ccaccacatt aacaacataa aaccctcatt cacacgagaa
 12061 aacaccctca tgttcataca cctatcccc attctcctcc tatccctcaa ccccgacatc
 12121 attaccgggt ttccttcttgcataatatagt ttaaccaaaa catcagattg tgaatctgac
 12181 aacagaggct tacgaccctt tatttacca gaaagctcac aagaactgct aactcatgac
 12241 cccatgtcta acaacatggc tttctcaact tttaaaggat aacagctatc cattggctt
 12301 aggccccaaa aattttggtg caactccaaa taaaagtaat aaccatgcac actactataa
 12361 ccaccctaac cctgacttcc ctaattcccc ccattcctac caccctcggtt aaccctaaca
 12421 aaaaaaaactc ataccccat tatgtaaaaat ccattgtcgc atccacccattt attatcagtc
 12481 tcttccccac aacaatattc atgtgccttag accaagaagt tattatctcg aactgacact
 12541 gagccacaac ccaaacaacc cagctctcc taagctcaa actagactac ttctccataa
 12601 tattcatccc tgtagcatttgcataatccat ggtccatcat agaattctca ctgtgatata
 12661 taaactcaga cccaaacatt aatcagttct tcaaatatct actcatctt ctaattacca
 12721 tactaatctt agttaccgct aacaacctat tccaactgtt catcggctga gaggggctgtag
 12781 gaattatatc cttcttgctc atcagttgtat gatacggcccg agcagatgcc aacacagcag
 12841 ccattcaagc aatccatatac aaccgtatcg gcgatatcggtt ttcatccctc gccttagcat
 12901 gatttatcct acactccaaatc tcatgagacc cacaacaaat agcccttcta aacgctaatac
 12961 caagcctcac cccactacta ggcctcctcc tagcagcagc aggcaaatca gccaaattag
 13021 gtctccaccc ctgactcccc tcagccatag aaggcccccc cccagcttca gcctactcc
 13081 actcaaggcac tatagttgtat gcaggaatct tcttactcat ccgcttccac cccctagcag
 13141 aaaatagccc actaatccaaatc tcttaacac tatgcttagg cgctatccacc actctgttc
 13201 cagcagtctg cgcccttaca caaaatgaca tcaaaaaaaaaat cgtagccttc tccacttcaa
 13261 gtcaactagg actcataata gttacaatcg gcataccacc accacaccta gcattccctgc
 13321 acatctgtac ccacgccttc ttcaagggcc tactatttat gtgctccggg tccatcatcc
 13381 acaaccttaa caatgaacaa gatattcgaa aaataggagg actactaaa accataccctc
 13441 tcacttcaac ctccctcacc attggcagcc tagcattagc aggaataaccttccacttcc
 13501 gtttctactc caaagaccac atcatcgaaa ccgcaacat atcatacaca aacgcctgag
 13561 ccctatctat tactctcatc gctacccccc tgacaagcgc ctatagact cgaataattc
 13621 ttctcaccct aacaggtcaa cctcgcttcc ccacccttac taacattaac gaaaataacc
 13681 ccaccctact aaaccccttgcataac ccgcccggcagccggaaatcatttgcata ggtttctca
 13741 ttactaacaat cattcccccc gcattcccttgcataac aatccctc tacctaaaac
 13801 tcacagccct cgctgtcact ttcttaggac ttctaacagc cctagacccctc aactacctaa
 13861 ccaacaaact taaaataaaaaatccctactat gcacattttat tttctccaac atactcggtat
 13921 tctacccttag catcacacac cgcacaatcc cctatctagg ccttcttacg agccaaaacc
 13981 tgcccctact ctccttagac ctaacctgac tagaaaaagcttattaccaaa acaatttcac
 14041 agcaccaaat ctccacctcc atcatcacct caacccaaaaa aggccataattt aactttact
 14101 tcctctctt ttcttccca ctcatcttccat ccctacttccat aatcacataa cctattcccc
 14161 cgagcaatct caattacaat atatacacca acaacaaatg ttcaaccaggtaactactact
 14221 aatcaacgccc cataatcata caaagcccccc gcaccaatag gatcctcccg aatcaaccct
 14281 gaccctctc ttctcataat tattcagctt cctacactat taaagtttac cacaaccacc
 14341 accccatcat actcttccat ccacagcacc aatccctactt ccattcgctaa ccccaactaaa
 14401 acactcacca agacccatcc cctgacccccccatgcctcag gataactctc aatagccatc
 14461 gctgttagtat atccaaagac aaccatcatttcccttccat aatattaaaaa aactattaaa
 14521 cccatataac ctccccccaaatcattcataataacccaccccgaccgc gctaacaatc
 14581 aatactaaac cccctataat aggagaaggc tttagaagaaa accccacaaa ccccttact
 14641 aaacccacac tcaacagaaaa caaagcataatcatttccat tcgcacggac tacaaccacg
 14701 accaatgata tgaaaaacca tcgttgtatt tcaactacaa gaacaccaat gaccccaata
 14761 cgccaaacta accccctaat aaaattaattt aaccactcat tcattcgacttccat ccccaactt
 14821 tccaaatcttccat cccatgtatcggc tcacttccat ggccttgccttgcata
 14881 atcaccacag gactattccat agccatgcac tactcaccag acgcctcaac cgcctttca
 14941 tcaatcgccc acatcactcg agacgttaat tatggctgaa tcattccgttccat ccttcacgccc
 15001 aatggcgccttcaatattctt tatctgccttccat tccctacaca tcggggcagg cctatattac
 15061 ggatcatttc tctactcaga aacctgaaac atcggcatttcccttgcataactata
 15121 gcaacagcct tcataggcata tgccctcccg tgaggccaaa tatcattctg agggggccaca
 15181 gtaattacaa acttactatc cccatccca tacattggga cagaccttagt tcaatgaatc
 15241 tgaggaggct actcagtaga cagtcaccacc ctcacacat tcttacctt tcacttccat
 15301 ttgccttca ttattgcagc cctagcagca ctccacctcc tattctgca cggaaacggga
 15361 tcaaacaacc cccttaggaat cacctccat tccgataaaaa tcaccttccca cccttactac
 15421 acaatcaaag acgcctcggtt cttacttccat ttccttcttgcataactata

15481 ttctcaccag acctcctagg cgacccagac aattataccc tagccaaccc cttaaacacc
15541 cctccccaca tcaagcccga atgatatttc ctattcgcct acacaattct ccgatccgtc
15601 cctaacaac taggaggcgt ccttgcctta ttactatcca tcctcatcct agcaataatc
15661 cccatcctcc atatatccaa acaacaaggc ataataatttc gcccactaag ccaatcactt
15721 tattgactcc tagccgcaga cctcctcatt ctaacctgaa tcggaggaca accagtaagc
15781 taccctttta ccatcattgg acaagttagca tccgtactat acttcacaac aatcctaatic
15841 ctaataccaa ctatcctcc aattgaaaac aaaatactca aatgggcctg tccttgtagt
15901 ataaaactaat acaccagtct tgtaaacgg agatgaaaac cttttccaa ggacaaatca
15961 gagaaaaagt cttaactcc accattagca cccaaagcta agattctaatt ttaaactatt
16021 ctctgttctt tcatgggaa gcagattgg gtaccaccca agtattgact caccatcaa
16081 caaccgctat gtattcgta cattactgcc agtaccatg aatattgtac ggtaccataa
16141 atacttgacc acctgttagta cataaaaacc caatccacat caaaaccccc tccccatgct
16201 tacaagcaag tacagcaatc aaccctcaac tattcacacat caactgcaac tccaaaggca
16261 cccctcaccc actaggatac caacaaacct acccaccctt aacagtacat agtacataaa
16321 gccatttacc gtacatagca cattacagtc aaatccctcc tcgtccccat ggatgacccc
16381 cctcagatag gggcccttg accaccatcc tccgtaaat caatatcccg cacaagagtgc
16441 ctactctcct cgctccgggc ccataacact tggggtagc taaagtgaac tgtatccgac
16501 atctggttcc tacttcaggg ccataaaagcc taaatagccc acacgttccc cttaaataag
16561 acatcacgat g

**Полная последовательность митохондриального генома из костного образца № 147
(второе захоронение)**

1 gatcacaggt ctatcaccct attaaccact cacgggagct ctccatgcat ttggatttt
61 cgtctggggg gtatgcacgc gatagcattt cgagacgctg gagccggagc accctatgtc
121 gcagtatctg tctttgattt ctgcctcattt ctattattta tcgcacccat gttcaatatt
181 acaggcgaaac atacttacta aagtgttta attaattaat gcttgttagga cataataata
241 acaattgaat gtctgcacag ccgccttcca cacagacatc ataacaaaaa atttccacca
301 aaccccccctt ccccccgctt ctggccacag cacttaaaca catctctgcc aaaccccaa
361 aacaagaac cctaacadca gcctaaccag atttcaaattt ttatctttg gcggtatgca
421 ctttaacag tcacccccc actaacacat tattttcccc tcccactccc atactactaa
481 tctcatcaat acaacccccc cccatcctac ccagcacaca cacacaccgc tgctaacc
541 ataccccgaa ccaaccaaac cccaaagaca ccccccacag tttatgttagc ttacctc
601 aaagcaatac actgaaaatg ttttagacggg ctcacatcac cccataaaca aataggttt
661 gtcctagcct ttcttattagc tcttagtaag attacacatg caagcatccc cgttccagtg
721 agttcaccct ctaaatcacc acgatcaaaa gggacaagca tcaagcacgc agcaatgcag
781 ctcaaaacgc ttagccttagc cacacccca cggaaacag cagtgattaa cctttagcaa
841 taaacgaaag tttaactaag ctataactaac cccagggtt gtcatttcg tgccagccac
901 cgcggtcaca cgatttaaccc aagtcaatag aagccggcgt aaagagtgtt ttagatcacc
961 ccctcccaa taaagctaaa actcacctga gttttaaaaa actccagttt acacaaaata
1021 gactacgaaa gtggcttaa catatctgaa cacacaatag ctaagacccca aactgggatt
1081 agataacccca ctatgcttag ccctaaaccc caacagttaa atcaacccca acacaaaata
1141 gaacactacg agccacagct taaaactcaa aggacctggc ggtgcttcat atccctctag
1201 aggagcctgt tctgtatcg ataaaccccg atcaacctca ccaccttgc ctcagcctat
1261 ataccgcccattt cttcagcaaa ccctgatgaa ggctacaaag taagcgaag tacccacgta
1321 aagacgttag gtcaagggtt agcccatgag gtggcaagaa atgggctaca ttttctacc
1381 cagaaaacta cgatagccct tatgaaaactt aagggtcgaa ggtggattt gcagtaaact
1441 gagagtagag tgcttagttt aacagggccc tgaagcgcgt acacaccgc cgtcacc
1501 ctcaagtata cttcaaaagga catttaacta aaacccctac gcatttatag agaggagaca
1561 agtcgtaaacta tggtaagtgt actggaaagt gcacttggac gaaccagagt gtagcttac
1621 acaaaggcacc caacttacac ttaggagatt tcaacttaac ttgaccgctc ttagctaaac
1681 cttagcccaa acccactcca ctttactacc agacaaccc agccaaacca tttacccaa
1741 taaagtatacg gcgatagaaa ttgaaacactg ggcataataga tatagtaccg caagggaaag
1801 atgaaaaattt ataaaccaagc ataataatagc aaggactaac ccctataacct tctgcataat
1861 gaattaaacta gaaataactt tgcaaggaga gccaaagcta agaccccgaa aaccagacga
1921 gctacctaag aacagctaaa agagcacacc cgtctatgtt gcaaaatagt ggaagattt
1981 ataggttagag ggcacaaacc taccgagcc ggtgatagct gttgtccaa gatagaatct
2041 tagttcaact ttaaatttgc ccacagaacc ctctaaatcc cttgttaat ttaactgtt
2101 gtccaaagag gaacagctt ttggacacta ggaaaaaacc ttgttagagag agaaaaaaat
2161 ttaacaccca tagtaggcct aaaagcagcc accaattaatg aaagcgttca agctcaacac
2221 ccactaccta aaaaatccca aacatataac tgaactcctc acacccaaattt ggaccaatct
2281 atcaccctat agaagaacta atgttagtat aagtaacatg aaaacattct cctccgcata
2341 agcctgcgtc agattaaaac actgaactga caattaacag cccaatatct acaatcaacc
2401 aacaagtcat tattaccctc actgtcaacc caacacaggc atgctcataa gggaaaggtt
2461 aaaaaagtaa aaggaactcg gcaaatctt cccgcctgt ttacaaaaaa catcacctct
2521 agcatcacca gtatttaggg caccgcctgc ccagtgcacac atgtttaacg gccgcggtag
2581 cctaaccgtg caaaggtagc ataatactt gttcttaaaa tagggacctg tatgaatggc
2641 tccacgaggg ttcaagctgtc tcttactttt aaccagtgaa attgactgc cctgtaaag
2701 gcccgcataa cacagcaaga cgagaagacc ctatggagct ttaattttt aatgcaaaca
2761 gtacctaaca aaccacagg tcctaaacta ccaaaccctgc attaaaaattt tcggttgggg
2821 cgacctcgga gcagaacccca acctccgagc agtacatgtt aagacttcac cagtc
2881 gaactactat actcaatttga tccaataact tgaccaacgg aacaaggtaa cctaggata
2941 acagcgcaat cctattcttag agtccatatac aacaataggg ttacgaccc cgtatgtt
3001 tcaggacatc ccaatggtgc agccgtattt aaaggttgc ttgttcaacg attaaagtcc
3061 tacgtgtatc gagttcagac cggagtaatc caggtcggtt tctatctact tcaaattc
3121 ccctgtacga aaggacaaga gaaataaggc ctacttcaca aagcgccttc cccctaaat
3181 gatatcatct caacttagta ttataccac acccaccctaa gaacagggtt ttttagatg
3241 gcagagcccg gtaatgcat aaaacttaaa actttacagt cagaggtaa attccttcc
3301 ttaacaacat acccatggcc aaccccttac tcctcattgt acccattctt atcgcaatgg
3361 cattcctaattt gcttaccgaa cgaaaaattt taggcttat tttttttttt acaactacgc
3421 acgttgttagg cccctacggg ctactacaac ctttcgttgc cggcataaaaa ctcttc
3481 aagagccctt aaaaacccgc acatctacca tcacccttca catcaccgc ccgac
3541 ctctcaccat cgcttcttca ctatgtttttt ccctccctt acccaacccctt
3601 tcaaccttagg cctcttattt attcttagcca cctcttagcc agccgtttac tcaatc
3661 gatcagggtt agcatcaaactacg tcaaactacg ccctgatcg ggcactgcga
3721 aaacaatctc atatgtttttt acccttagcca tcattctact atcaacatcca
3781 aatgtttttt tttttttttt tttttttttt tttttttttt tttttttttt tttttttttt

3781 gctcctttaa cctctccacc cttatcacaa cacaagaaca cctctgatta ctccctgccat
 3841 catgaccctt ggccataata tgatttatct ccacactagc agagaccaac cgaacccccc
 3901 tcgaccttcgc cgaaggggag tccgaactag tctcaggctt caacatcgaa tacgcccgcag
 3961 gccccttcgc cctattcttc atagccaat acacaaacat tattataata aacaccctca
 4021 ccactacaat cttcccttagga acaacatatg acgcacttc ccctgaactc tacacaacat
 4081 attttgtcac caagacccta cttctaacct ccctgttctt atgaattcga acagcatatc
 4141 cccgattccg ctacgaccaa ctcatacacc tcctatgaaa aaacttccctt ccactcacc
 4201 tagcattact tatatgatat gtctccatac ccattacaat ctccagcatt cccctctcaa
 4261 cctaagaaaat atgtctgata aaagagtac tttgatagag taaataatag gagcttaaac
 4321 ccccttattt ctaggactat gagaatcgaa cccatccctg agaatccaa attctccgtg
 4381 ccacctatca caccccatcc taaagtaagg tcagctaaat aagctatcgg gcccataccc
 4441 cgaaaatgtt ggttataccc ttcccgtact aattaatccc ctggccaaac ccgtcatcta
 4501 ctctaccatc tttgcaggca cactcatcac agcctaagc tcgcactgat ttttacctg
 4561 agtaggccta gaaataaaaca tgctagctt tattccagtt ctaacccaaa aataaaaccc
 4621 tcgttccaca gaagctgcca tcaagtatcc cctcacgcaa gcaaccgcatt ccataatcct
 4681 tctaatacgatc atcctcttca acaatatact ctccggacaa tgaaccataa ccaatactac
 4741 caatcaatac tcatacattaa taatcataat ggctatagca ataaaactag gaatagcccc
 4801 ctttcaatcc tgagtcccag aggttaccca aggccccct ctgacatccg gcctgcttct
 4861 tctcacatga caaaaactag ccccccatttc aatcatatac caaatcttc cctcactaaa
 4921 cgtaagcctt ctccctactc tctcaatctt atccatcata gcaggcagtt gaggtggatt
 4981 aaaccaaacc cagctacgca aaatcttagc atactcctca attaccaca taggatgaard
 5041 aatagcaggta taccgtaca accctaacat aaccattctt aatttaacta ttatattat
 5101 ccttaactact accgcattcc tactactcaa cttaaactcc agcaccacga ccctactact
 5161 atctcgacc tgaaacaagg taacatgact aacaccctt attccatcca ccctcctctc
 5221 cctaggaggc ctgccccccg taaccggctt tttgccccaaa tggccattt tgcagaatt
 5281 cacaaaaaac aatagcctca tcataccccc catcatagcc accatcaccc tccttaaccc
 5341 ctacttctac ctacgcctaa tctactccac ctcaatcaca ctactccca tatctaacaa
 5401 cgtaaaaata aaatgacagt ttgaacatac aaaacccacc ccattctcc ccacactcat
 5461 cgcccttacc acgctactcc tacctatctc ccctttata ctaataatct tatagaaatt
 5521 taggttaaat acagaccaag agccttccaa gcccctcgtt agttgcaata ctaatttct
 5581 gtaacagcta aggactgaa aaccccaactc tgcatcaact gaacgcaaat cagccactt
 5641 aattaagcta agcccttact agaccaatgg gacttaaacc cacaacact tagttaacag
 5701 ctaagcaccc taatcaactg gcttcaatct acttctcccg ccggcggaa aaaaggcggg
 5761 agaagcccg gcagggttga agctgcttct tcgaatttgc aattcaatat gaaaatcacc
 5821 tcggagctgg taaaaagagg cctaaccct gtctttagat ttacagtcata atgcttcact
 5881 cagccatttt acctcaccccc cactgatgtt cggccaccgt tgactattct ctacaaacca
 5941 caaagacatt ggaacactat acctattatt cggcgcgtt gctggagtcc taggcacagc
 6001 tctaagcctc cttattcgag ccgagctggg ccagccaggc aacctttagt gtaacgacca
 6061 catctacaac gttatcgta cagcccatgc atttgcata atcttctca tagtaatacc
 6121 catcataatc ggaggctttg gcaactgact agtccctta ataatcggtt ccccccata
 6181 ggcgttccc cgcataaaaca acataagctt ctgactctt cctccctctc tcctactct
 6241 gctcgcatct gctatagtgg aggccggagc aggaacaggt tgaacagtct accctccctt
 6301 agcagggAAC tactccacc ctggagccct cgtagaccta accatcttct ccttacaccc
 6361 agcaggtgtc tcctctatct tagggggccat caatttcata cacaacaatta tcaatataaa
 6421 acccccctgcc ataacccaaat accaaacgccc ccttctcgat tgatccgtcc taatcacagc
 6481 agtcctactt ctcctatctc tcccagtcc agctgctggc atcactatac tactaacaga
 6541 cgcacccctc aacaccacat tcttcgaccc cggccggagga ggagacccca ttctatacc
 6601 acacctattt tgattttcg gtcacccctga agtccatattt cttatctac caggcttcgg
 6661 aataatctcc catattgtaa cttaactactc cggaaaaaaa gaaccatttg gatacatagg
 6721 tatggctcga gctatgatata caattggctt cctagggttt atcgtgtgag cacccatata
 6781 atttacagta ggaatagacg tagacacacg agcatatttc acctccgcta ccataatcat
 6841 cgctatcccc accggcgtca aagtatttag ctgactcgcc acactccacg gaagcaatata
 6901 gaaatgatct gctgcagtgc tctgagccct aggattcatc ttctttca ccgttaggtgg
 6961 cctgactggc attgtatttag caaactcatc actagacatc gtactacacg acacgtacta
 7021 cgttgttagcc cacttccact atgtcctatc aataggagct gtatttgcca tcataggagg
 7081 cttcattcac tgattttccc tattctcagg ctacaccctt gaccaaccc acgccaaaat
 7141 ccatttcact atcatattca tcggcgtaaa tctaacttcc ttcccaac acttctcg
 7201 cctatccgga atgccccgac gttactcgga ctaccccgat gcatacacca catgaaacat
 7261 cctatcatct gtaggctcat tcatttctt aacagcgtt atattaataa ttttcatgtat
 7321 ttgagaagcc ttgcgttgc agcgaaaatg cctaatacgta gaagaacccct ccataaacc
 7381 ggagtgacta tatggatgcc cccccaccctt ccacacattc gaagaacccg tatacataaa
 7441 atcttagacaa aaaaggaagg aatcgacccccc cccaaagctg gtttcaagcc aaccccatgg
 7501 cctccatgac ttttccaaa aggtatttaga aaaaccattt cataacttgc tcaaagttaa
 7561 attataggtt aaatcctata tatcttaatg gcacatgcag cgcaagtagg tctacaagac
 7621 gctacttccc ctatcataga agagcttac accttcatg atcacccctt cataatcatt
 7681 ttccttatct gttcccttagt cttgtatgcc ctttccctaa cactcacaac aaaactaact

7741 aatactaaca tctcagacgc tcaggaata gaaaccgtct gaactatcct gccggccatc
 7801 atcctagtcc tcatcgccct cccatcccta cgcatcctt acataacaga cgaggtcaac
 7861 gatccctccc ttaccatcaa atcaattggc caccaatggt actgaaccta cgagtgacacc
 7921 gactacggcg gactaatctt caactcctac atacttcccc cattattcct agaaccaggc
 7981 gacctgcgac tccttgacgt tgacaatcga gtagtactcc cgattgaagc ccccattcgt
 8041 ataataattt catcacaaga cgtcttgac tcatgagctg tccccacatt agcttaaaa
 8101 acagatgcaa ttcccgacg tctaaaccaa accacttca cgcgtacacg accgggggta
 8161 tactacggtc aatgtctga aatctgtgga gcaaaaccaca gtttcatgcc catcgctccta
 8221 gaattaattt ccctaaaaat ctttgaataa gggcccgat ttaccctata gcacccctc
 8281 taccctctt agagccact gtaaagctaa cttagcatta accttttaag ttaaagatta
 8341 agagaaccaa cacctttt cagtgaard ccccaactaa atactaccgt atggccacc
 8401 ataatttacc ccatactcct tacactattc ctcatcaccc aactaaaaat attaaacaca
 8461 aactaccacc taccccttcc accaaagccc ataaaaataa aaaattataa caaaccctga
 8521 gaacccaaat gaacgaaaat ctgttcgctt cattcattgc ccccaactatcctac
 8581 cgcgcgactt actgtatcatt ctatttcccc ctatattgtat ccccaacttcc aaatatctca
 8641 tcaacaaccc actaattcacc acccaacaat gactaatcaa actaacctca aaacaaatga
 8701 taaccataca caacactaaa ggacgaacct gatctttat actagtatcc ttaatcattt
 8761 ttattgcccc aactaacctc ctcggactcc tgccctactc atttacacca accacccaac
 8821 tatctataaa cctagccatg gccatcccc tatgagcggg cgcaatgtattt ataggcttc
 8881 gctctaagat taaaatgcc cttagccact tcttaccaca aggcacaccc acacccctta
 8941 tccccatact agttatttac gaaaccatca gcctactcat tcaaccaata gccctggccg
 9001 tacgcctaaac cgctaacatt actgcaggcc acctactcat gcacctaatt ggaagcgcca
 9061 cccttagcaat atcaaccatt aaccccttccct ctacacttat catcttcaca attctaattc
 9121 tactgactat cctagaaatc gctgtcgct taatccaagc ctacgtttt acacttctag
 9181 taagcctcta cctgcacgac aacacataat gaccaccaa tcacatgcct atcatatagt
 9241 aaaacccagc ccatgaccccc taacagggc cctctcagcc ctcctaatttga cctccggcct
 9301 agccatgtga tttcacttcc actccataac gctccctata cttaggcctac taaccaacac
 9361 actaaccata taccaatgat ggcgcgatgt aacacgagaa agcacatacc aaggccacca
 9421 cacaccaccc gtccaaaaag gccttcgata cgggataatc ctatatttta cctcagaagt
 9481 tttttcttc gcaggatttt tctgagcctt ttaccactcc agcctagccc ctacccccc
 9541 attaggaggg cactggccccc caacaggcat caccggctaa atatccctag aagtccact
 9601 cctaaacaca tccgtattac tcgcattcagg agtataatc acctgagctc accatagtct
 9661 aatagaaaac aaccgaaacc aaataattca agcactgctt attacaattt tactgggtct
 9721 ctatttacc ctcctacaag cctcagagta cttagcgtt cccttcacca ttccgcacgg
 9781 catctacggc tcaacatttt ttgttagccac aggcttccac ggacttcacg tcattattgg
 9841 ctcaactttc ctcactatct gcttcattcc ccaactaata ttccactta catccaaaca
 9901 tcactttggc ttcaagccg ccgcctgata ctggcatttt gtagatgtgg ttgactatt
 9961 tctgtatgtc tccatctatt gatgagggtc ttacttttt agtataataa gtaccgttaa
 10021 cttccaaattt actagttttt acaacattca aaaaagagta ataaacttcg ccttaatttt
 10081 aataatcaac acccccttag ccttactact aataattttt acattttgc taccacaact
 10141 caacggctac atagaaaaat ccacccctta cgagtgcggc ttgcacccca tatccccgc
 10201 ccgcgtccct ttctccataa aattcttctt agtagctatt accttctt tatttgcatt
 10261 agaaattgcc ctccctttac cccttaccatg agccctacaa acaactaacc tgccactaat
 10321 agttatgtca tccctttat taatcatcat cctagccctt agtctgcct atagtgact
 10381 acaaaaagga ttagactgaa ccgaatttgtt atatagttt aacaaaacga atgatttcga
 10441 ctcattaaat tatgataatc atatttacca aatccccctc attacataa atattataact
 10501 agcatttacc atctcacttc taggataact agtataatc tcacacccca tattcccttcc
 10561 actatgccta gaaggaataa tactatcgct gttcattata gctactctca taaccctcaa
 10621 cacccactcc ctcttagccca atattgtgcc tattgccata cttagcttt ccgcctgcga
 10681 agcagcgggt ggccttagccct tactagtctc aatctccaa acatatggcc tagactacgt
 10741 acataaccta aacctactcc aatgctaaaa ctaatcgcc caacaattat attactacca
 10801 ctgacatgac tttccaaaaa acacataatt tgaatcaaca caaccaccca cagcctaatt
 10861 attagcatca tccctctact attttttaac caaatcaaca acaacctatt tagctgttcc
 10921 ccaacctttt cctccgaccc cctaacaacc cccctccctaa tactaactac ctgactccta
 10981 cccctcacaa tcatggcaag ccaacggccac ttatccagtg aaccactatc acgaaaaaaa
 11041 ctctacctt ctataactat cttccctacaa atctccctaa ttataacatt cacagccaca
 11101 gaactaatca tattttat tttcttcgaa accacactta tccccacattt ggctatcatc
 11161 acccgatgag gcaaccagcc agaacgcctg aacgcaggca catacttctt attctacacc
 11221 cttagtaggtt cccttccccctt actcatcgca ctaatttaca ctcacaacac ccttaggctca
 11281 ctaaacattt tactactcac tctcactgccc caagaactat caaactccgt agccaacaac
 11341 ttaatatgac tagcttacac aatagctttt atagtaaaga taccttttca cgactccac
 11401 ttatgactcc taaagccca tttcgaaagcc cccatcgctg ggtcaatagt acttgccgca
 11461 gtactctttaa aactaggcgg ctatggtata atacgcctca cactcatttcc caacccctg
 11521 acaaaaacaca tagccctaccc cttcccttgc ctatccctat gaggcataat tataacaacg
 11581 tccatctgcc ttcgacaaac agacctaaaa tcgctcatttgc cactacttcc aatcagccac
 11641 atagccctcg tagtaacagc cattctcatc caaaccctt gaaagcttccac cgccgcagtc

11701 attctcataa tcgcccacgg gcttacatcc tcattactat tctgccttagc aaactcaaac
 11761 tacgaacgca ctcacagtcg catcataatc ctctctcaag gacttcaaac tctactccca
 11821 ctaatagctt tttgatgact tctagcaagc ctcgctaacc tcgccttacc ccccactatt
 11881 aacctactgg gagaactctc tgtgctagta accacgttct cctgatcaa tatcactctc
 11941 ctacttacag gactcaacat actagtaca gccctatact ccctctacat atttaccaca
 12001 acacaatggg gctcaactcac ccaccacatt aacaacataa aacccttatt cacacgagaa
 12061 aacaccctca tgttcataca cctatcccc atttcctcc tatccctaa ccccgacatc
 12121 attaccgggt tttcctttaaataatagt ttaaccaaaa catcagattg tgaatctgac
 12181 aacagaggct tacgaccctt tatttaccga gaaagctcac aagaactgct aactcatgcc
 12241 cccatgtcta acaacatggc tttctcaact tttaaaggat aacagcttac cattggctt
 12301 aggccccaaa aattttggtg caactccaaa taaaagtaat aaccatgcac actactataa
 12361 ccaccctaac cctgacttcc ctaattcccc ccattcctac caccctcgaa aaccctaaaca
 12421 aaaaaaaactc ataccccat tatgtaaaat ccattgtcgc atccacctt attatcagtc
 12481 tcttccccac aacaatattc atgtgcctag accaagaagt tattatctcg aactgacact
 12541 gagccacaac ccaaacaacc cagctctcc taagctcaa actagactac ttctccataa
 12601 tattcatccc tgttagcattt ttcgttacat gggtccatcat agaattctca ctgtgatata
 12661 taaactcaga cccaaacatt aatcagttt tcaaatatct actcatcttc ctaattacca
 12721 tactaatctt agttaccgct aacaacctt tccaactgtt catcggtga gaggcgtag
 12781 gaattatact cttttgtc atcagttgtt gatacggcc agcagatgcc aacacagcag
 12841 ccattcaagc aatcttatac aaccgtatcg gcgtatccgg tttcatctc gccttagcat
 12901 gatttatctt acactccaaatc tcatgagacc cacaacaaat agcccttcta aacgctaatac
 12961 caaggctcac cccactacta ggcctccccc tagcagcagc aggcaaatca gccaaattag
 13021 gtctccaccc ctgactcccc tcagccatag aaggccccac cccagctca gccctactcc
 13081 actcaaggcac tatagttgta gcaggaatct tcttactcat ccgttccac cccctagcag
 13141 aaaatagccc actaatccaa actctaacac tatgtcttagg cgctatacc actctgttcg
 13201 cagcagtctg cgcccttaca caaaatgaca tcaaaaaaaaaat cgtagcctt tccacttcaa
 13261 gtcaactagg actcataata gttacaatcg gcatcaacca accacaccta gcattcctgc
 13321 acatctgtac ccacgccttc ttcaagggca tactattttt gtgctccggg tccatcatcc
 13381 acaaccttaa caatgaacaa gatattcgaa aaataggagg actactaaa accataacctc
 13441 tcacttcaac ctcccttaccatggcagcc tagcattagc aggaataacct ttccctcacag
 13501 gtttctactc caaagaccac atcatcgaaa ccgcaaaatc atcatacaca aacgcctgag
 13561 ccctatctat tactctcatc gctacccccc tgacaagcgc ctatagact cgaataattc
 13621 ttctcaccct aacaggtcaa cctcgcttcc ccacccttac taacattaac gaaaataacc
 13681 ccaccctact aaacccctt aaacgcctgg cagccggaaag cctattcgca ggatttctca
 13741 ttactaacaa catttttttgcatccccct tccaaacaac aatccccctc tacctaaaac
 13801 tcacagccct cgctgtcaact ttccttaggac ttcttaacagc cctagacccctc aactacctaa
 13861 ccaacaaact taaaataaaa tccccactat gcacattttt tttctccaac atactcgat
 13921 tctaccctag catcacacac cgccacaatcc cctatctagg ccttcttacg agccaaaacc
 13981 tgcccctact cctcttagac ctaacctgac tagaaaaagctt attacctaaa acaatttcac
 14041 agcaccaaat ctccacccccc atcatcacct caacccaaaaa aggcataatt aactttact
 14101 ttctctcttt ttctttccca ctcatcttccaa ccctactctt aatcacataa cctattcccc
 14161 cgagcaatct caattacaat atatacacca acaaaacatg ttcaaccagt aactactact
 14221 aatcaacgcc cataatcata caaagcccccc gcaccaatag gatcctcccg aatcaaccct
 14281 gaccctctc ttccataaat tattcagttt cctacactat taaagttac cacaaccacc
 14341 accccatcat actcttcac ccacagcacc aatcttaccc ccatcgctaa ccccaactaaa
 14401 acactcacca agacccatcaac ccctgaccccc catgcctcag gatactccctc aatagccatc
 14461 gctgtgttat atccaaagac aaccatcatt ccccttaaat aaattaaaaa aactattaaa
 14521 cccatataac ctccccccaa attcagaata ataacacacc cgaccacacc gctaacaatc
 14581 aatactaaac cccctataaat aggagaaggc tttagaagaaa accccacaaa ccccaattact
 14641 aaacccacac tcaacagaaaa caaagcatac atcattttt tcgcacggac tacaaccacg
 14701 accaatgata tgaaaaacca tcgttgtatt tcaactacaa gaacaccaat gaccccaata
 14761 cgccaaacta accccctaat aaaattaatt aaccactcat tcatcgaccc ccccaaaaa
 14821 tccaaatctt ccgcacatgaaacttcggc tcactcccttgcgcctgcct gatcctccaa
 14881 atcaccacag gactattccctt agccatgcac tactcaccag acgcctcaac cgcctttca
 14941 tcaatgccttcc acatcactcg agacgttaat tatggctgaa tcatccgctt ccttcacgc
 15001 aatggcgctt caatattctt tatctgcctt ttcctacaca tcggggcggg cctatattac
 15061 ggatcatttc tctacttcaga aacctgaaac atcggcatta tcctcctgct tgcactata
 15121 gcaacagcct tcataggctt tgccctcccg tgaggccaaa tatcattctg agggccaca
 15181 gtaattacaa acttactatc cgccatccca tacattggga cagaccttagt tcaatgaatc
 15241 tgaggaggct actcagttttt cagttccacc ctccacacat tctttacctt tcaacttcatt
 15301 ttgccttca ttattgcagc cctagcagca ctccacccctt tattcttgcac cggaaacggg
 15361 tcaaacaacc cccttaggaat cacctcccat tccgataaaaa tcaccccttcc ccccttactac
 15421 acaatcaaag acgccttcgg cttacttctt ttccttctt ccttaatgac attaacaacta
 15481 ttctcaccag acctccttagg cgacccagac aattataccc tagccaaaccc cttaaacacc
 15541 cttccccaca tcaagccgaa atgatatttc ctattcgcctt acacaattctt ccgatccg
 15601 cctaacaac taggaggcgt ccttgcctt ttactatcca tcctcatctt agcaataatc

15661 cccatcctcc atatatccaa acaacaaagc ataataatttc gcccactaag ccaatcactt
15721 tattgactcc tagccgcaga cctcctcatt ctaacctgaa tcggaggaca accagtaagc
15781 taccctttta ccatcattgg acaagttagca tccgtactat acttcacaac aatcctaats
15841 ctaataccaa ctatctccct aattgaaaac aaaatactca aatgggcctg tccttgtagt
15901 ataaactaat acaccagtct tgtaaaccgg agatgaaaac cttttccaa ggacaaatca
15961 gagaaaaagt cttaactcc accattagca cccaaagcta agattctaatt taaaactatt
16021 ctctgttctt tcatgggaa gcagattgg gtaccaccca agtatttgact caccatcaa
16081 caaccgctat gtatttcgta cattactgcc agtcaccatg aatattgtac ggtaccataa
16141 atacttgacc acctgttagta cataaaaacc caatccacat caaaaccccc tc(cc)atgct
16201 tacaagcaag tacagcaatc aaccctcaac tattcacacat caactgcaac tccaaagcca
16261 cccctcaccc actaggatac caacaaacct acccaccctt aacagtacat agtacataaa
16321 gccatttacc gtacatagca cattacagtc aaatccctcc tcgtccccat ggatgacccc
16381 cctcagatag gggcccttg accaccatcc tccgtaaat caatatcccg cacaagagtg
16441 ctactctcct cgctccgggc ccataacact tggggtagc taaagtgaac tgtatccgac
16501 atctggttcc tacttcaggg ccataaagcc taaatagccc acacgttccc cttaataaag
16561 acatcacgat g

**Полная последовательность митохондриального генома костного образца из скелета № 7
(первое захоронение)**

1 gatcacaggt ctatcaccct attaaccact cacgggagct ctccatgcat ttggatttt
61 cgtctgggg gtatgcacgc gatagcattg cgagacgctg gagccggagc accctatgtc
121 gcagtatctg tcttgattc ctgcctcatc ctattattta tcgcacctac gttcaatatt
181 acaggcgaac atacttacta aagtgttta attaattaat gctttagga cataataata
241 acaaattgaat gtctgcacag ccgccttcca cacagacatc ataacaaaaa atttccacca
301 aaccccccct ccccccgctt ctggccacag cacttaaaca catctctgcc aaaccccaaa
361 aacaagaac cctaacacca gcctaaccag attcaaatt ttatctttg gcggtatgca
421 ctttaacag tcacccccc actaacacat tattttccc tcccactccc atactactaa
481 tctcatcaat acaaccccg cccatcctac ccagcacaca cacacaccgc tgctaacc
541 ataccccgaa ccaaccaaac cccaaagaca ccccccacag tttatgttagc ttacctc
601 aaagcaatac actgaaaatg ttttagacggg ctcacatcac cccataaaca aataggttt
661 gtcctagcct ttctattagc tcttagtaag attacacatg caagcatccc cgttccagtg
721 agttcaccct ctaaatcacc acgataaaaa gggacaagca tcaagcacgc agcaatgcag
781 ctcaaaacgc ttagccttagc cacacccca cggaaacacag cagtattaa cctttagcaa
841 taaacgaaaag tttaactaag ctataactaac cccagggttg gtcaattcg tgccagccac
901 cgcgtcaca cgattaaccc aagtcaatag aagccggcgt aaagagtgtt ttagatcacc
961 ccctccccaa taaagctaaa actcacctga gttgtaaaaa actccagttg acacaaaata
1021 gactacgaaa gtggcttaa catatctgaa cacacaatag ctaagaccca aactgggatt
1081 agataccca ctatgcttag ccctaaacct caacagttaa atcaacaaaaa ctgctcgcca
1141 gaacactacg agccacagct taaaactcaa aggacctggc ggtgcttcat atccctctag
1201 aggagcctgt tctgtatcg ataaaccccg atcaacctca ccaccttgc ctcagcstat
1261 ataccgcat cttcagcaaa ccctgatgaa ggctacaaag taagcgaag tacccacgta
1321 aagacgttag gtcaagggtg agcccatgag gtggcaagaa atgggctaca ttttctacc
1381 cagaaaacta cgatagccct tatgaaactt aagggtcgaa ggtggattta gcagtaaact
1441 gagagtagag tgcttagttt aacagggccc tgaagcgcgt acacaccgc cgtcacc
1501 ctcaagtata cttcaaagga catttaacta aaacccctac gcatttat agaggagaca
1561 agtcgtaaaca tggtaagtgt actggaaagt gcacttggac gaaccagagt gtagcttac
1621 acaaagcacc caacttacac ttaggagatt tcaacttaac ttgaccgctc tgagctaaac
1681 cttagcccaa acccactcca ccttactacc agacaacctt agccaaacca ttacccaaa
1741 taaagtatac gcgatagaaa ttgaaacctg gcgcataatgata tatagtaccg caagggaaag
1801 atgaaaaatt ataaccaagc ataatatacg aaggactaac ccctatacct tctgcataat
1861 gaattaaacta gaaataactt tgcaaggaga gccaaagcta agaccccgaa aaccagacga
1921 gctacctaag aacagctaaa agagcacaccc cgtctatgt gcaaaatagt ggaagattt
1981 ataggttagag gcgacaaacc taccgagcct ggtgatagct ggtgtccaa gatagaatct
2041 tagttcaact ttaaatttgc ccacagaacc ctctaaatcc ccttgcataat ttaactgtt
2101 gtccaaagag gaacagctct ttggacacta gaaaaaacc ttgttagagag agaaaaaaaa
2161 ttaacaccca tagtaggcct aaaagcagcc accaattaag aaagcgttca agctcaacac
2221 ccactaccta aaaaatccca aacatataac tgaactcctc acacccaaatt ggaccaatct
2281 atcaccctat agaagaacta atgtagtat aagtaacatg aaaacattct cctccgcata
2341 agcctgcgtc agattaaaac actgaactga caattaacag cccaatatct acaatcaacc
2401 aacaagtcat tattaccctc actgtcaacc caacacaggc atgctataa gaaaaggitta
2461 aaaaaagtaa aaggaactcg gcaaatttta ccccgctgt ttacaaaaaa catcacctct
2521 agcatcacca gtattagagg caccgcgtc ccagtgcac atgttaacg gccgcgtac
2581 cctaaccgtg caaaggtagc ataatcactt gttccttaaa tagggacctg tatgaatggc
2641 tccacgaggg ttcaagctgtc tcttactttt aaccagtgaa attgacctgc ccgtgaagag
2701 gcgggcataa cacagcaaga cgagaagacc ctatggagct ttaattttt aatgcaaaca
2761 gtacctaaca aaccacagg tcctaaacta ccaaaccctgc attaaaaatt tcggttgggg
2821 cgacctcgga gcagaaccca acctccgagc agtacatgct aagacttcac cagtcaaagc
2881 gaactactat actcaattga tccaataact tgaccaacgg aacaaggtaa cctagggata
2941 acagcgaat cctattctag agtccatatac aacaataggg ttacgcaccc cgtatgtgg
3001 tcaggacatc ccaatggtc agccgtatt aaagggtcg tttgtcaacg attaaagtcc
3061 tacgtgatct gagttcagac cggagtaatc caggtcggtt tctatctact tcaaattcc
3121 ccctgtacga aaggacaaga gaaataaggc ctacttcaca aagcgcctc ccccgtaaat
3181 gatattcatct caacttagta ttataccac acccacccaa gaacagggtt tggtaagatg
3241 gcagagcccg gtaatcgcat aaaactaaaa actttacagt cagaggtca attccttcc
3301 ttaacaacat acccatggcc aacctccatc tcctcattgt acccattcta atcgcaatgg
3361 cattcctaatt gcttaccgaa cgaaaaattt tagctatat acaactacgc aaaggccccca
3421 acgtttagg cccctacggg ctactacaac ctttcgtcga cgccataaaa ctcttcacca
3481 aagagccct aaaacccgccc acatctacca tcaccctcta catcaccgc ccgacccctag
3541 ctctcaccat cgctcttcta ctatgaaccc ccctcccat acccaacccc ctggtcaacc
3601 tcaacctagg cctcttattt attcttagcca cctctagct agccgttac tcaatcctct
3661 gatcaggggtg agcatcaaacc tcaaactacg ccctgatcg ccgactgcga gcagtagccc

3721 aaacaatctc atatgaagtc acccttagcca tcattctact atcaacatta ctaataagtg
3781 gctcctttaa cctctccacc cttatcacaa cacaagaaca cctctgatta ctccctgccat
3841 catgaccctt ggccataata tgatttatct ccacactagc agagaccaac cgaacccccc
3901 tcgacctgc cgaaggggag tccgaactag tctcaggcgt caacatcgaa tacgcccgc
3961 gccccttcgc cctattcttc atagccgaat acacaaacat tattataata aacaccctca
4021 ccactacaat cttcttagga acaacatag acgactctc ccctgaactc tacacaacat
4081 attttgtcac caagacccta cttctaacct ccctgttctt atgaattcga acagcatatc
4141 cccgattccg ctacgaccaa ctcatcacacc tcctatgaaa aaacttctta ccactcacc
4201 tagcattact tataatgatat gtctccatac ccattacaat ctccagcatt cccctctaaa
4261 cctaagaaat atgtctgata aaagagtac tttgatagag taaataatag gagcttaaac
4321 ccccttattt cttaggactat gagaatcgaa cccatccctg agaatccaaa attctccgt
4381 ccacctatca caccatcc taaagtaagg tcagctaaat aagctatcg gccatcaccc
4441 cgaaaatgtt ggttataccc ttccctgact aattaatccc ctggccaaac ccgtcatcta
4501 ctctaccatc tttgcaggca cactcatcac agcgtaaagc tcgcactgat ttttacctg
4561 agtaggccta gaaataaaaca tgctagctt tattccagtt ctaacccaaa aaataaaaccc
4621 tcgttccaca gaagctgcca tcaagtatcc cctcactgca gcaaccgcatt ccataatcct
4681 tctaataatgc atcccttca acaatatact ctccggacaa tgaaccataa ccaataactac
4741 caatcaatac tcatcattaa taatcataat ggctatagca ataaaaactag gaatagcccc
4801 ctttacttc tgagtcccag aggttacca aggccccct ctgacatccg gcctgcttct
4861 tctcacatga caaaaactag ccccatctc aatcatatac caaatcttc cctcactaaa
4921 cgtaagcctt ctccctactc tctcaatctt atccatcata gcaggcagtt gaggtggatt
4981 aaaccaaacc cagctacgca aaatcttagc atactcctca attaccaca taggatgaat
5041 aatagcagtt ctaccgtaca accctaacat aaccattctt aatttaacta ttatattat
5101 cctaactact accgcattcc tactactcaa cttaaactcc agcaccacga ccctactact
5161 atctcgacc tgaaacaagc taacatgact aacaccctta attccatcca ccctcctctc
5221 cctaggaggc ctgccccgc taaccggctt tttgccaaa tggccattt tcgaagaatt
5281 cacaaaaaac aatagcctca tcatccccat catcatagcc accatcaccc tccttaaccc
5341 ctacttctac ctacgcctaa tctactccatc ctcaatcaca ctactccca tatctaacaa
5401 cgtaaaaata aaatgacagt ttgaacatac aaaacccacc ccattcctcc ccacactcat
5461 cgcccttacc acgctactcc tacctatctc ccctttata ctaataatct tatagaaatt
5521 taggttaaat acagaccaag agccttcaaa gcctctgat agttcaata cttaaattct
5581 gtaacagcta aggactgaa aacccactc tgcatcaact gaacgcaaat cagccacttt
5641 attaagcta agcccttact agaccaatgg gacttaaacc cacaacact tagtaacag
5701 ctaagcaccc taatcaactg gcttcaatct acttctcccg cgcggggaa aaaaggcggg
5761 agaagcccg gcagggttga agctgcttct tcgaatttgc aattcaatat gaaaatcacc
5821 tcggagctgg taaaaagagg cctaaccctt gtcttagat ttacagtcg atgcttcact
5881 cagccatttt acctcaccctt cactgatgtt cggccaccgt tgactattct ctacaaacca
5941 caaagacatt ggaacactat acctattatt cggcgcatga gctggagtcc taggcacacgc
6001 tctaagcctc cttattcgag ccgagctggg ccagccaggc aaccttctg gtaacgacca
6061 catctacaac gttatcgta cagcccatgc atttgcata atcttctca tagtaatacc
6121 catctataatc ggaggcttt gcaactgact agtccccta ataatcggtg ccccgatata
6181 ggcgttccc cgcataaaaca acataagctt ctgactctta cctccctctc tcctactcct
6241 gctcgcatct gctatagtgg aggccggagc aggaacaggt tgaacagtct accctccctt
6301 agcagggAAC tactccacc ctggagccct cgtagaccta accatctct ccttacaccc
6361 agcaggtgtc tcctctatct tagggccat caatttcata acaacaatta tcaatataaa
6421 acccccctgcc ataacccaaat accaaacgccc ccttctcgat tgatccgtcc taatcacacgc
6481 agtcctactt ctcctatctc tcccagtcct agctgctggc atcactatac tactaacaga
6541 cgcacccctc aacaccaccc tcttcgaccc cggccggagga ggagacccca ttctataacca
6601 acacctattt tgattttcg gtcacccctga agtttatatt cttatctac caggcttcgg
6661 aataatctcc catattgtaa cttaactactc cggaaaaaaaaaa gaaccatttg gatacatagg
6721 tatggctcta gctatgatata caattggctt cctagggttt atcgtgtgag cacaccatata
6781 atttacagta ggaatagacg tagacacacg agcatatttc acctccgcta ccataatcat
6841 cgctatcccc accggcgtca aagtatttag ctgactcgcc acactccacg gaagcaataat
6901 gaaatgatct gctgcagtgc tctgagccct aggattcatc ttctttca ccgttaggtgg
6961 cctgactggc attgtatttag caaactcatc actagacatc gtactacacg acacgtacta
7021 cgttgtagcc cacttccact atgtcctatc aataggagct gtatttgcca tcataggagg
7081 cttcattcac tgatcccatttctc tattctcagg ctacaccctta gaccaacccct acgccaat
7141 ccatttcact atcatattca tcggcgtaaa tctaactttc ttcccacaac actttctcg
7201 cctatccgga atgccccgac gttactcgga ctaccccgat gcatacacca catgaaacat
7261 cctatcatct gtaggctcat tcatttctt aacacgacta atattaataa ttatcatgat
7321 ttgagaagcc ttgcgttgc agcggaaaagt cctaataatgcgtaa gaagaacccct ccataaaaccc
7381 ggagtgacta tatggatgcc ccccacccctt ccacacattc gaagaaccccg tatacataaaa
7441 atcttagacaa aaaaggaagg aatcgaaaccc cccaaagctg gttcaagcc aaccccatgg
7501 cctccatgac ttttcaaaa aggtatttaga aaaaccattt cataactttg tcaaagttaa
7561 attataggt aaatccata tatcttaatg gcacatgcgag cgcaagtagg tctacaagac
7621 gctacttccc ctatcataga agagcttac accttcatg atcacccctt cataatcat

7681 ttccttatct gcttcctagt cctgtatgcc ctttcctaa cactcacaac aaaactaact
7741 aatactaaca tctcagacgc tcagaaata gaaaccgtct gaactatcct gccggccatc
7801 atcctagtcc tcatacgccct cccatcccta cgcatcctt acataacaga cgaggtcaac
7861 gatccctccc ttaccatcaa atcaattggc caccatggt actgaaccta cgagtgacacc
7921 gactacggcg gactaatctt caactcctac atactcccc cattattcct agaaccaggc
7981 gacctgacgc tccttgacgt tgacaatcga gtagtactcc cgattgaagc ccccattcg
8041 ataataatta catcacaaga cgtcttgac tcatgagctg tccccacatt aggcttaaaa
8101 acagatgcaa ttcccgacg tctaaaccaa accacttca cgcgtacacg accgggggta
8161 tactacggtc aatgctctga aatctgtgga gcaaaaccaca gtttcatgcc catcgccctca
8221 gaattaattc ccctaaaaat ctgttgaataa gggccctat ttaccctata gcacccctc
8281 tacccctct agagccact gttaaagctaa cttagcatta accttttaag ttaaagattta
8341 agagaaccaa caccttta cagtggaaatg ccccaactaa atactaccgt atggccacc
8401 ataattaccc ccatactcct tacactattc ctcatcaccc aactaaaaat attaaacaca
8461 aactaccacc tacccctc accaaagccc ataaaaataa aaaattataa caaaccctga
8521 gaacccaaat gaacggaaat ctgttcgtt cattcattgc ccccaacatc ctaggcctac
8581 cccgcgcagt actgatcatt ctatccccc ctctattgtat ccccaacctcc aaatatctca
8641 tcaacaaccc actaattcacc acccaacaat gactaatcaa actaacctca aaacaaatga
8701 taaccataca caacactaaa ggacgaacct gatctttat actagtatcc ttaatcattt
8761 ttattgcccc aactaacctc ctcggactcc tgccctactc atttacacca accacccaac
8821 tatctataaa cctagccatg gccatccct tatgagcggg cgcaagtgatt ataggcttc
8881 gctctaagat taaaatgcc cttagccact tcttaccaca aggcacaccc acacccctta
8941 tccccatact agttattatc gaaaccatca gcctactcat tcaaccaata gccctggccg
9001 tacgcctaac cgctaacatt actgcaggcc acctactcat gcacctaatt ggaagcgcca
9061 cccttagcaat atcaaccatt aaccccttccct ctacacttat catcttcaca attctaattc
9121 tactgactat cctagaaatc gctgtcgct taatccaagc ctacgtttc acacttctag
9181 taaggctcta cctgcacgac aacacataat gaccaccaa tcacatgcct atcatataatg
9241 aaaacccagc ccatgacccccc taacaggggc cctctcagcc ctcctaattga cctccggccct
9301 agccatgtga tttcacttcc actccataac gctcctcata cttaggcctac taaccaacac
9361 actaaccata taccaatgat ggcgcgatgt aacacgagaa agcacatacc aaggccacca
9421 cacaccaccc gtccaaaaag gccttcgata cgggataatc ctatttatta cctcagaagt
9481 tttttcttc gcaggatttt tctgagcctt ttaccactcc agcctagccc ctacccccc
9541 attaggaggg cactggccccc caacaggcat caccccgcta aatccctag aagtcccact
9601 cctaaacaca tccgtattac tcgcatcagg agtatcaatc acctgagctc accatagtct
9661 aatagaaaaac aaccgaaacc aaataattca agcactgtt attacaattt tactgggtct
9721 ctattttacc ctcctacaag cctcagagta ctgcgtct cccttcacca ttccgcacgg
9781 catctacggc tcaacatttt ttgttagccac aggttccac ggacttcacg tcattattgg
9841 ctcaacttcc tcactatct gcttcattcc ccaactaata ttccactta catccaaaca
9901 tcacttggc ttcaagccg ccgcctgata ctggcatttt gtagatgtgg ttgactatt
9961 tctgtatgtc tccatctatt gatgagggtc ttactcttt agtataataa gtaccgttaa
10021 cttccaaatta actagtttg acaacattca aaaaagagta ataaacttcg ccttaatttt
10081 aataatcaac acccccttag ccttactact aataattttt acattttgc taccacaact
10141 caacggctac atagaaaaat ccacccctta cgagtgcggc ttgcaccta tatccccgc
10201 cccgcgtccct ttctccataa aattcttctt agtagctatt accttcttat tatttgatct
10261 agaaattgcc ctccctttac cccttaccatg agccctacaa acaactaacc tgccactaat
10321 agttatgtca tccctttat taatcatcat cctagccctt agtctggct atgagtgact
10381 acaaaaagga ttagactgaa ccgaattggg atatagttt aacaaaacga atgatttcga
10441 ctcattaaat tatgataatc atatttacca aatgcccctc attacataa atattataact
10501 agcatttacc atctcacttc taggaataact agtatatcgc tcacacccca tattccctt
10561 actatgccta gaaggaataa tactatcgct gttcattata gctactctca taaccctcaa
10621 caccctactcc ctcttagccca atattgtgcc tattgccata cttagcttt ccgcctgcga
10681 agcagcggtg ggcctagccccc tactagtctc aatctccaa acatatggcc tagactacgt
10741 acataaccta aacctactcc aatgctaaaa ctaatcgcc caacaattat attactacca
10801 ctgacatgac tttccaaaaa acacataatt tgaatcaaca caaccacccca cagcctaatt
10861 attagcatca tccctctact attttttaac caaatcaaca acaacctatt tagctgttcc
10921 ccaacctttt cctccgaccc cctaacaacc cccctcctaa tactaactac ctgactccct
10981 cccctcacaa tcatggcaag ccaacgcac ttatccagtg aaccactatc agaaaaaaa
11041 ctctacctct ctataactat ctcctacaa atctccttaa ttataacatt cacagccaca
11101 gaactaatca tattttat tttcttcgaa accacactta tccccacatt ggctatcatc
11161 acccgatgag gcaaccagcc agaacgcctg aacgcaggca catactccctt attctacacc
11221 cttagtaggtt cccttccctt actcatcgca ctaatttaca ctcacacac cctaggctca
11281 ctaaacattt tactactcac tctcactgccc caagaactat caaactccctg agccaacaac
11341 ttaatatgac tagcttacac aatagctttt atagtaaaga tacctcttta cgactccac
11401 ttatgactcc ctaaagccca tttcgaaagcc cccatcgctg ggtcaatagt acttgccgca
11461 gtactcttaa aactaggcgg ctatggata atacgcctca cactcattct caacccctg
11521 acaaaaacaca tagcttaccc cttccctgtt cttatccctat gaggcataat tataacaagc
11581 tccatctgcc tacgacaaac agacctaaaa tcgcttattc catactcttc aatcagccac

11641 atagccctcg tagtaacagc cattctcatc caaaccccc gaagcttcac cgccgcagtc
 11701 attctcataa tcgcccacgg gcttacatcc tcattactat tctgccttagc aaactcaaac
 11761 tacgaacgca ctcacagtgc catcataatc ctctctcaag gacttcaaac tctactccca
 11821 ctaatagctt tttgatgact tctagcaagc ctcgctaacc tcgccttacc ccccactatt
 11881 aacctactgg gagaactctc tgtgcttagta accacgttct cctgatcaa tatcactctc
 11941 ctacttacag gactcaacat actagtaca gccctatact ccctctacat atttaccaca
 12001 acacaatggg gctcactcac ccaccacatt aacaacataa aaccctcatt cacacgagaa
 12061 aacaccctca tgttcataca cctatcccc attctctcc tatccctcaa ccccgacatc
 12121 attaccgggt tttcctctt taaatatagt ttaaccaaaa catcagattg tgaatctgac
 12181 aacagaggct tacgaccctt tatttaccga gaaagctcac aagaactgct aactcatgcc
 12241 cccatgtcta acaacatggc tttctcaact tttaaaggat aacagctatc cattggctt
 12301 aggccccaaa aattttggtg caactccaaa taaaagtaat aaccatgcac actactataa
 12361 ccaccctaac cctgacttcc ctaattcccc ccattcctac caccctcggt aaccctaaca
 12421 aaaaaaaactc ataccccat tatgtaaaat ccattgtcgc atccacctt attatcagtc
 12481 tcttccccac aacaatattc atgtgcctag accaagaagt tattatctcg aactgacact
 12541 gagccacaac ccaaacaacc cagctctccc taagcttcaa actagactac ttctccataa
 12601 tattcatccc tgttagcattt ttcgttacat ggccatcat agaattctca ctgtgatata
 12661 taaactcaga cccaaacatt aatcagttct tcaaatatct actcatcttc ctaattacca
 12721 tactaatctt agttaccgct aacaacctat tccaactgtt catcgctga gaggcgtag
 12781 gaattatatac cttcttgctc atcagttgtat gatacgcccg agcagatgcc aacacagcag
 12841 ccattcaaggc aatcttatac aaccgtatcg gcgatatcg tttcatccct gccttagcat
 12901 gatttatcct acactccaac tcatgagacc cacaacaaat agcccttcta aacgctaatac
 12961 caaggctcac cccactacta ggcctccccc tagcagcagc aggcaaatca gcccaattag
 13021 gtctccaccc ctgactcccc tcagccatag aaggccccac ccagcttca gcctactcc
 13081 actcaaggcac tatagttgtat gcaggaatct tcttactcat ccgcttccac cccctagcag
 13141 aaaatagccc actaatccaa actctaacac tatgcttagg cgctatcacc actctgttcg
 13201 cagcagtctg cgcccttaca caaatgaca tcaaaaaat cgtagccttc tccacttcaa
 13261 gtcaactagg actcataata gttacaatcg gcatcaacca accacaccta gcattcctgc
 13321 acatctgtac ccacgccttc ttcaaagcca tactattttat gtgctccggg tccatcatcc
 13381 acaaccttaa caatgaacaa gatattcgaa aaataggagg actactaaa accatacctc
 13441 tcacttcaac ctccctcacc attggcagcc tagcattagc aggaataacct ttcttcacag
 13501 gtttctactc caaagaccac atcatcgaaa ccgcaaacat atcatacaca aacgcctgag
 13561 ccctatctat tactctcatc gctacctccc tgacaagcgc ctatagcact cgaataattc
 13621 ttctcaccct aacaggtcaa cctcgcttcc ccacccttac taacattaa gaaaataacc
 13681 ccaccctact aaacccctt aaacgcctgg cagccggaag cctattcgca ggatttctca
 13741 ttactaacaa cattttcccc gcatccccct tccaaacaac aatccccctc tacctaaaac
 13801 tcacagccct cgctgtcaact ttcttaggac ttctAACAGC CCTAGACCTC aactacctaa
 13861 ccaacaaact taaaataaaa tccccactat gcacattttat ttctccaac atactcgat
 13921 tctaccctag catcacacac cgccacaatcc cctatctagg ccttcttacg agccaaaacc
 13981 tgcccctact cctcttagac ctaacctgac tagaaaagct attacctaaa acaatttcac
 14041 agcaccaaattt ctccacctcc atcatcacct caacccaaaa aggacataatt aaactttact
 14101 tcctctcttt cttttccca ctcatacttccaa ccctactcct aatcacataa cctattcccc
 14161 cgagcaatct caattacaat atatacacca acaacaatg ttcaaccagt aactactact
 14221 aatcaacgcc cataatcata caaagcccccc gcaccaatag gatcctcccg aatcaaccct
 14281 gaccctctc cttcataaat tattcagtt cctacactat taaagttac cacaaccacc
 14341 accccatcat actcttcac ccacagcacc aatcttaccc ccatcgctaa ccccaactaaa
 14401 acactcacca agacctcaac ccctgaccccc catgcctcgc gataactccctc aatagccatc
 14461 gctgttagtat atccaaagac aaccatcatt cccctaaat aaattaaaaa aactattaaa
 14521 cccatataac ctccccaaa attcagaata ataacacacc cgaccacacc gctaacaatc
 14581 aatactaaac cccctataaat aggagaaggc ttagaagaaa accccacaaa ccccattact
 14641 aaacccacac tcaacagaaaa caaagcatac atcattattc tcgcacggac tacaaccacg
 14701 accaatgata tgaaaaacca tcgttgtatt tcaactacaa gaacaccaat gaccccaata
 14761 cgcaaaacta accccctaat aaaattaatt aaccactcat tcatacgaccc ccccaaaaa
 14821 tccaaatctt ccgcataatccaa aaacttcggc tcactcttgc ggcctcgct gatcctccaa
 14881 atcaccacag gactattcct agccatgcac tactcaccag acgcctcaac cgcctttca
 14941 tcaatcgccc acatcactcg agacgtaaat tatggctgaa tcatacgctt ctttacgccc
 15001 aatggcgctt caatattctt tatctgcctc ttccatcaca tcggcgagg cctatattac
 15061 ggatcatttc tctactcaga aacctgaaac atcggcatta tcctcttgct tcaactata
 15121 gcaacagcct tcataggcta tgcctcccg tgaggccaaa tatcatctg agggggccaca
 15181 gtaattacaa acttactatc cggcatccca tacattggga cagacctagt tcaatgaatc
 15241 tgaggaggct actcagtaga cagtcggacc ctcacacat tctttacctt tcacttcatc
 15301 ttgccttca ttattgcagg cctagcagca ctccacctcc tattcttgca cggaaacggga
 15361 tcaaaacaacc cccttaggaat cacctcccat tccgataaaaa tcaccttcca cccttactac
 15421 acaatcaaag acgcctcgg cttaacttcc ttccttctt ccttaatgac attaacacta
 15481 ttctcaccag acctcttagg cgacccagac aattataccc tagccaaccc cttaaacacc
 15541 cttccccaca tcaagccgaa atgatatttc ctattcgctt acacaattct ccgatccgctc

15601 cctaacaac taggaggcgt ccttgcccta ttactatcca tcctcatcct agcaataatc
15661 cccatcctcc atatatccaa acaacaagc ataatatcc gcccactaag ccaatcactt
15721 tattgactcc tagccgcaga cctcctcatt ctaacctgaa tcggaggaca accagtaagc
15781 taccctttta cc当地cattgg acaagtagca tccgtactat acttcacaac aatcctaatic
15841 ctaataccaa ctatccct aattgaaaac aaaatactca aatgggcctg tccttgttagt
15901 ataaactaat acaccagtct tgtaaacccg agatgaaaac cttttccaa ggacaaatca
15961 gagaaaaagt cttaactcc accattagca cccaaagcta agattctaatt taaaactatt
16021 ctctgttctt tcatgggaa gcagattgg gtaccaccca agtattgact caccatcaa
16081 caaccgctat gtattcgta cattactgcc agtaccatg aatattgtac ggtaccataa
16141 atacttgacc acctgttagta cataaaaacc caatccacat caaaaccccc tccccatgct
16201 tacaagcaag tacagcaatc aaccctcaac tattcacat caactgcaac tccaaagcca
16261 cccctcaccc actaggatac caacaaacct accaccctt aacagtacat agtacataaa
16321 gccatttacc gtacatagca cattacagtc aaatccctcc tcgtcccat ggtgacccc
16381 cctcagatag gggcccttg accaccatcc tccgtgaaat caatatcccg cacaagagtg
16441 ctactctcct cgctccggc ccataacact tggggtagc taaagtgaac tgtatccgac
16501 atctggttcc tacttcaggg ccataaaagcc taaatagccc acacgttccc cttaataag
16561 acatcacgat g

**Полная последовательность митохондриального генома костного образца из скелета № 4
(первое захоронение)**

1 gatcacaggt ctatcaccctt attaaccact cacgggagct ctccatgcatttggttt
61 cgtctgggggt gtgtcacgc gatagcattt cgagacgctg gagccggagc accctatgtc
121 gcagtatctg tcttgatttc ctgcctcatc ctattattta tcgcacctac gttcaatatt
181 acaggcgaac atacttacta aagtgttta attaattaat gctttagga cataataata
241 acaattgaat gtctgcacag ccgccttcca cacagacatc ataacaaaaa atttccacca
301 aaccccccctt ccccccgctt ctggccacag cacttaaaca catctctgcc aaaccccaa
361 aacaagaac cctaaccacca gcctaaccagg attcaaattt ttatcttttgcggtatgca
421 ctttaacag tcaccccccactaaccat tattttccccctccactacatcatactactaa
481 tctcatcaat acaaccccccggccatc ccagcacaca cacaccgctg ctaaccccat
541 accccgaacc aaccaaacc caaagacacc cccacagtt tatgttagctt acctcctca
601 agcaatacac tgaaaatgtt tagacgggtt cacatcaccc cataaaacaaa tagggttggt
661 cctagcctttt ctattagctc ttagtaagat tacacatgca agcatccca ttccagtgag
721 ttcaccctctt aaatcaccac gatcaaaaagg gacaagcatc aagcacgcag caatgcagct
781 caaaaacgctt agcctagccca cccccccacg ggaacacagca gtgattaacc ttttagcaata
841 aacgaaagtt taactaagct atactaacc caggggttgggt caatttcgtg ccagccaccc
901 cggtcacacg attaacccaa gtcaatagaa gccggcgtaa agagtttttt agatcacc
961 ctccccataa aagctaaaac tcacctgagt tgaaaaaac tccagttgac aaaaaataga
1021 ctacgaaagt ggcttaaca tatctgaaca cacaatagct aagacccaa ctgggatttag
1081 ataccccaact atgcttagcc ctaaacctca acagttaaat caacaaaact gctcgccaga
1141 acactacgag ccacagctttaaactcaaaag gacccggcg tgcttcataat ccctcttagag
1201 gaggctgttc tgtaatcgat aaaccccgat caacctcacc acctcttgct cagcctatat
1261 accgccccatctc tcaaaaaaccctgatgaaagg ctacaaagta agcgcagta cccacgtaaa
1321 gacgttaggtt caagggttagt cccatgaggtt ggcaagaaat gggctacatt ttctacccca
1381 gaaaactacg atagccctta tgaaaacttaa gggtcgaagg tggatttagc agtaaactga
1441 gagtagagtg ctttagttgaa cagggccctg aagcgcgtac acaccggccg tcaccctcc
1501 caagtataact tcaaaaggaca tttaactaaa acccctacgc atttatataag aggagacaa
1561 tcgtaacatg gtaagtgtac tggaaagtgc acttggacga accagagtgt agcttaacac
1621 aaagcacccaaacttacactt aggagatttcaacttaattt gaccgctctg agctaaac
1681 agccccaaac ccactccacc ttactaccat acaaccttagt ccaaaccatt tacccaaata
1741 aagtataaggc gatagaaattt gaaacctggc gcaatagata tagtacccga agggaaagat
1801 gaaaaattt aaccaagcat aatatacgaa ggactaaccctt ctgtacccctc tgcatataat
1861 attaactaga aataactttt caaggagaac caaagctaaag acccccgaaa ccagacgagc
1921 tacctaagaa cagctaaaag agcacacccctg tctatgtacaaaatagtgg gaagatttat
1981 aggttagaggc gacaaaccta ccgagcctgg tgatagctgg ttgtccaaaga tagaatctt
2041 gttcaactttt aaatttgcctt acagaaccctt ctaatccccctt tgtaaattt aactgttagt
2101 ccaaagagggaaacgtctttt ggacactagg aaaaaacctt gtagagagag taaaaaattt
2161 aacaccctataa gtaggcctaa aagcagccac caattaagaa agcgttcaag ctcaacaccc
2221 actacctaaa aaatccaaa catataactg aactcctcac acccaattgg accaatctat
2281 caccctatacg aagaactaat gtttagtataa gtaacatgaa aacattctcc tccgcataag
2341 cctgcgtcag attaaaacac tgaactgaca attaacagcc caatatctac aatcaaccaa
2401 caagtcatat ttaccctcac tgcataaccac acacaggcat gctcataagg aaaggttaaa
2461 aaaaagttttt ggaactcggc aaatcttacc cccgcctgttt accaaaaaca tcacctctag
2521 catcaccagt attagaggca ccgcctggcc agtacacat gtttaacggc cgggttaccc
2581 taaccgtgca aaggtagcat aatcaacttgtt tccttaataa gggacctgtt gtaatggctc
2641 cacgagggtt cagctgtctc ttacttttaa ccagtggaaat tgacctggccc tgaaagaggc
2701 gggcatgaca cagcaagacg agaagaccctt atggagctttt aatttattaa tgcaaaac
2761 acctaacaaa cccacaggctt ctaaactacc aacaccgtat taaaaatttcc ggttggggcg
2821 acctcggagc agaacccaaac ctccgagcag cacatgttca gacttcacca gtcacaaac
2881 actactatac tcaatttgatc caataacttgg accaaccggaa caagttaccc tagggataac
2941 agcgcaatcc tattcttagat tccatataca caatagggtt tgcacactcg atgttggatc
3001 aggacatccc gatgggtcag ccgcattaa aggttgcgtt gttcaacgtat taaagtcc
3061 cgtgtatctgat gttcagaccg gatgtatcca ggtcggtttc tatctacttc aaattcctcc
3121 ctgtacgaaa ggacaagaga aataaggccctt acttcacaaa ggcgccttccc ccgtaaatga
3181 tatcatctca acttagttt atacccacac ccacccaaaga acagggttt ttaagatggc
3241 agagcccggtt aatcgatataa aacttaaaac ttacactgtca gaggttcaat tcccttctt
3301 aacaacatac ccatggccaa cctcctactc ctcatgtac ccattctaat cgcaatggca
3361 ttccataatgc ttaccgaacg aaaaatttca ggctatatac aactacgcaaa aggccccaaac
3421 gttgtaggcc cctacgggtt actacaaccctt tcgcgtac ccataaaaactt cttcacca
3481 gagccctaa aacccggccac atctaccatc accctctaca tcaccggccc gaccttagct
3541 ctcaccatcg ctcttctact atgaacccccc ctccccatc ccaacccctt ggtcaacctc
3601 aacctaggcc tccttattttat tctagccacc tctagccttag cctgttactc aatcctctga
3661 tcagggttagt catcaaactc aaactacgccc ctgatcggcg cactgcgagc agtagcccaa

3721 acaatctcat atgaagtcac cctagccatc attctactat caacattact aataagtggc
3781 tccttaacc tctccaccct tatkacaaca caagaacacc tctgattact cctgccatca
3841 tgacccttgg ccataatatg atttatctcc acactagcag agaccaaccg aacccccttc
3901 gacccgtccg aaggggagtc cgaactagtc tcaggttca acatcgata cgccgcaggc
3961 cccttcgccc tattttcat agccgaatac acaaaccatta ttataataaa caccctcacc
4021 actacaatct tccttaggaac aacatatgac gcactctcc ctgaactcta cacaacatat
4081 ttgtcacca agaccctact tctaaccctcc ctgttcttata gaattcgaac agcataccccc
4141 cgattccgct acgaccaact catacacaccctc ctatgaaaaa acttccttacc actcaccctta
4201 gcattactta tatgacatgt ctccataccctt attacaatctt ccagcatcc ccctcaaacc
4261 taagaaatat gtctgataaaa agagttactt tgatagagta aataatagga gcttaaaccc
4321 ccttattttctt aggactatgaa gaatcgaaacc catccctgag aatccaaaat tctccgtgcc
4381 acctatcaca ccccatccta aagtaaggc agctaaataa gctatcggc ccataccccc
4441 aaaatgttgg ttataccctt cccgtactaa ttaatcccctt ggcccaaccc gtcatctact
4501 ctaccatctt tgccggcaca ctcatcacag cgctaaagctc gcactgattt ttacctgag
4561 taggcctaga aataaacatg cttagttttt ttccagttctt aacccaaaaaa ataaaccctc
4621 gttccacaga agctgccatc aagtattttcc tcacgcaggc aaccgcattcc ataatccctc
4681 taatagctat cctcttcaac aatataactctt ccggacaatg aaccataacc aataactacca
4741 atcaatactc atcatataata atcataatgg ctatagcaat aaaacttagga atagccccct
4801 ttcaacttctg agtcccagag gttacccaag gcaccccttctt gacatccggc ctgttcttc
4861 tcacatgaca aaaactagcc cccatctcaa tcatatacca aatctctccc tcactagacg
4921 taaggccttctt cctactctc tcaatcttata ccatcatagc aggcaagtga ggtggattaa
4981 accaaacccca gctacgcaaa atcttagcat actcctcaat tacccacata ggatgaataa
5041 tagcagttctt accgtacaac ctaacataa ccattcttaa tttaacttattt tatattatcc
5101 taactactac cgcatccata ctactcaact taaactccag caccacgacc ctactactat
5161 ctcgcacccctg aaacaagcta acatgactaa cacccttaat tccatccacc ctcctctccc
5221 taggaggccctt gcccccgctt accggctttt tgcccaatg ggccatttacatcgaatcc
5281 caaaaaacaa tagcctcatc atccccacca tcatagccac catcaccctc cttaaacccct
5341 acttcttaccc acgcctaatac tactccaccc caatcacactt actcccccata tctaacaacg
5401 taaaaataaa atgacagttt gaacatacaa aaccacccccc attcctcccc acactcatcg
5461 cccttaccac gctactccat cctatctccc cttttataact aataatctta tagaaattta
5521 ggttaataac agaccaagag cttcaaaagc cttcaagttt ttgcaataact taatttctgt
5581 aacagctaag gactgcaaaa ccccaactctg catcaactga acgcaaatca gccactttaa
5641 ttaagctaag cccttacttag accaatgggat cttaaacccca caaacactta gttAACAGCT
5701 aagcaccctta atcaacttggc ttcaatcttac ttctcccgcc gcccggaaaaa aaggcgggag
5761 aagcccccggc aggttgaag ctgttcttc gaatttgc当地 aaatcaccc
5821 ggagctggta aaaagaggcc taacccctgtt cttagattt acagtccat gcttcactca
5881 gcccattttac ctcaccccca ctgatgttcc cccgaccgtt actattctt acaaaccaca
5941 aagacattgg aacactatac ctattattcc ggcgcattttcc tggagtccta ggcacagctc
6001 taaggccttctt tattcgagcc gagctggggcc agccaggccaa ctttcttaggt aacgaccaca
6061 tctacaacgt tattcgatcaca gcccatgcat ttgtataat ctttcttccata gtaataccca
6121 tcataatcttgg aggcttggc aactgacttag ttcccttaat aatcggtgcc cccgatattgg
6181 cgttccccc cataaacaac ataagcttctt gacttacc tccctcttc ctactcctgc
6241 tcgcattctgc tataatgttgc gcccggccatc gaacagggtt aacagtctac cttcccttag
6301 cagggacta ctccacccctt ggagccctcc tagacctaactt catcttctcc ttacaccttag
6361 caggtgtctc ctctatcttta gggggccatca atttcatcac aacaatttac aataaaaaac
6421 cccctgcccata aacccataac caaaaccccccc ttttcgttcc atccgttccata atcacagcag
6481 tcctacttctt cctatctcc ccaatgttccatc ctgctggcat cactataacta ctaacagacc
6541 gcaacccatca caccacccctt ttcgaccccg ccggaggagg agacccattt ctataccaaac
6601 acctattcttccatc attttcgttccatc cacccttgcattt tttatatttctt ttttccatca
6661 taatctccca tattttact tactactccg gaaaaaaaaga accatttgc当地 tacataggt
6721 tggcttgatc tattttacttca atttttttttt taggtttat cgtgttgatc caccatataat
6781 ttacagtagg aatagacgttca gacacacccggat catatttccatc cttccgttacc
6841 ctatccccccatc cggcgttccatc gttttttttt gacttccatc actccacccggat
6901 aatgtatctgc tgcaatgttccatc tgatcccttccatc gttttttccatc gtaggtggcc
6961 tgactggcat tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7021 tcgttagctca cttccactat gttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7081 tcatttacttgc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7141 atttacttgc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7201 tatccggatat gccccggatccatc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7261 tatcatctgtt gggccatccatc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7321 gagaaggccatc cggccatccatc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7381 agtactatac tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7441 ctagacaaaaa aagggggggatccatc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7501 tccatgttccatc tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7561 tataggcttccatc atccatatac tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt
7621 tactttccctt atcatatac tttttttttt gttttttttt gttttttttt gttttttttt

7681 ccttatctgc ttccttagtcc tgtatgcctt tttcctaaca ctcacaacaa aactaactaa
7741 tactaacatc tcagacgctc aggaaataga aaccgtctga actatcctgc ccgccatcat
7801 cctagtcctc atcgcccctcc catccctacg catcctttac ataacagacg agtcaacga
7861 tccctccctt accatcaa at caattggca ccaatggta tgaacctacg agtacaccga
7921 ctacggcgga ctaatctca actcctacat acttccccca ttattcctag aaccaggcga
7981 cctgcgactc cttgacgtt acaatcgagt agtactcccg attgaagccc ccattcgat
8041 aataattaca tcacaagacg tcttgactc atgagctgtc cccacattag gcttaaaaac
8101 agatgcaatt cccggacgtc taaaccaac cactttcacc gctacacgac cgggggtata
8161 ctacggtcaa tgctctgaaa tctgtggagc aaaccacagt ttcatgccc tcgtcctaga
8221 attaattccc ctaaaaaatct ttgaaatagg gcccgtattt accctatagc accccctcta
8281 cccccccttag agcccactgt aaagctaact tagattaac ctttaagtt aaagattaag
8341 agaaccaaca cctcttaca gtgaaatgcc ccaactaaat actaccgtat gcccaccat
8401 aattacccccc atactcctta cactattct catcacccaa ctaaaaatata taaacacaaa
8461 ctaccaccta cctccctcac caaagcccat aaaaataaaa aattataaca aaccctgaga
8521 accaaaaatga acgaaaaatct gttcgcttca ttcatgccc ccacaatcct aggcctaccc
8581 gccgcagtagc tgatcattct atttccccctt ctattgatcc ccacccctaa atatctcatc
8641 aacaaccgac taatcaccac ccaacaatga ctaatcaaac taacccctaa acaaataata
8701 accatacaca acactaaagg acgaacctga tctcttatac tagtacccctt aatcatttt
8761 attgcccacaa ctaacctcctt cggaactctg cctcactcat ttacaccaac caccctacta
8821 tctataaacc tagccatggc catccctta tgagcggcg cagtgattt aggcttcgc
8881 tctaagatta aaaatgccct agcccacttc ttaccacaaag gcacacccat acccccttac
8941 cccatacttag ttattatcga aaccatcagc ctactcattc aaccaatagc cctggccgta
9001 cgcctaaccg ctaacattac tgcaggccac ctactcatgc acctaattgg aagcgccacc
9061 ctagcaatat caaccattaa ccttccctt acacttatac tcttcacaat tctaattcta
9121 ctgactatcc tagaaatcgc tgtcgcctt atccaaggct acgtttcac acttcttagta
9181 agcctctacc tgacgacaa cacataatga cccaccaatc acatgcctat catatagtaa
9241 aaccacggcc atgaccccta acagggggcc tctcagccct cctaattgacc tccggcctag
9301 ccatgtgatt tcacttccac tccataacgc tcctcataact aggctacta accaacacac
9361 taaccatata ccaatgatgg cgcatgtaa cacgagaaag cacataccaa ggccaccaca
9421 caccacctgt ccaaaaaaggc cttcgatacg ggataattctt atttattacc tcagaagttt
9481 ttttcttcgc aggattttc tgagcctttt accactccag cctagccctt acccccttaat
9541 taggaggcga ctggccccc acaggcatca ccccgctaaa tcccctagaa gtcccaactcc
9601 taaacacatc cgtattactc gcatcaggag tatcaatcac ctgagctcac catagctaa
9661 tagaaaacaa cgcacccaa ataattcaag cactgcttatac tacaattttt ctgggtctct
9721 attttaccct cctacaagcc tcagactact tcgagtcctt cttcaccatt tccgacggca
9781 tctacggctc aacattttt gttagccacag gcttccacgg acttcacgtc attattggct
9841 caactttcct cactatctgc ttcatccgccc aactaatatt tcacttatac tccaaacacatc
9901 actttggctt cgaagccgccc gcctgatact ggcattttgt agatgtggtt tgactatttc
9961 tgtatgtctc catctattga tgagggtctt acttttttag tataaatagt accgttaact
10021 tccaattaaac tagtttgac aacattcaaa aaagagtaat aaacttcgccc ttaattttaa
10081 taatcaacac cctcttagcc ttactactaa taatttatac attttgacta ccacaactca
10141 acggctacat agaaaaatcc accccttacg agtgcggctt cgaccctata tccccccgccc
10201 gcgtccctt ctccataaaaa ttcttcttag tagtattac cttcttataa tttgatctag
10261 aaattgcccct cttttaccc ctaccatgag ccctacaaac aactaacctg ccactaatag
10321 ttatgtcatc cctcttattt atcatcatcc tagccctaaatg tctggcctat gagtgactac
10381 aaaaaggatt agactgaacc gaattggat atagttaaa caaaacaaat gatttcgact
10441 cattaaattt tgataatcat atctacccaa tgccctcat ttacataat attataactag
10501 catttaccat ctcacttctc ggaataactag tatatcgctc acacccatca tcccccctac
10561 tatgcctaga aggaataata ctatcgctgt tcattatagc tactctcata accctcaaca
10621 cccactccctt cttagccaaat attgtgcctt ttgcctatact agtcttgcc gcctgcgaag
10681 cagcgggtggg cctagccctt ctgtctcaa tctccaaacac atatggctt gactacgtac
10741 ataacctaaa cctactccaa tgctaaaact aatcgccca acaattatata tactaccact
10801 gacatgactt tccaaaaac acataattt aatcaacaca accacccaca gcctaaattat
10861 tagcatcatc cctctactat ttttttacca aatcaacaac aacctattta gctgttcccc
10921 aacctttcc tccgacccccc taacaacccc cctcctaata ctaactacct gactcctacc
10981 cctcacaatc atggcaagcc aacgccactt atccagtggaa ccactatcac gaaaaaaaaact
11041 ctacctctt atactaatct ccctacaaat ctccttaattt ataaacattca cagccacaga
11101 actaatcata ttttataatct tcttcgaaac cacacttatac cccaccccttgg ctatcatcac
11161 ccgatgaggc aaccagccag aacgcctgaa cgcaaggcaca tacttcctat tctacaccct
11221 agtaggctcc cttccctac tcatcgact gatttacact cacaacaccc taggctcact
11281 aaacattctt ctaactcactc tcactgccc agaactatca aactcctgag ccaacaactt
11341 aatatgacta gcttacacaa tagctttat agttaagata cctcttacg gactccactt
11401 atgactccctt aaagcccatg tcgaagcccc catcgctgg tcaatagttac ttggccgca
11461 actcttaaaa ctagggcgct atggtataat acgcctcaca ctcattctca accccctgac
11521 aaaacacata gcctacccct tccttgact atccctatga ggcataattta taacaagctc
11581 catctgccta cgacaaacag acctaaaatc gtcattgca tactcttcaa tcagccacat

11641 agccctcgta gtaacagcca ttctcatcca aacccccta agtttaccgc ggcgactcat
11701 ttcataatc gcccacggac ttacatcctc attactattc tgccctagca actcaaacta
11761 cgaacgcact cacagtgcac tcataatcct ctctcaagga cttcaaactc tgctcccact
11821 aatagcttt tgatgacttc tagcaaggct cgctaaccct gccttacccc ccactattaa
11881 cctactggga gaactctctg tgcttagtaac cacgttctcc tgatcaaata tcactctcc
11941 acttacagga ctcaacatac tagtcacagc cctatactcc ctctacatat ttaccacaac
12001 acaatggggc tcactcaccc accacattaa caacataaaa ccctcattca caccgagaaaa
12061 caccctcatg ttcatcaccc tatccccat tctcctccta tccctcaacc ccgacatcat
12121 taccgggtt tcctcttgta aatatagtt aaccaaaaca tcagattgt aatctgacaa
12181 cagaggctt cgaccctta tttaccgaga aagctcacaa gaactgctaa ctcatgcccc
12241 catgtctaac aacatggctt tctcaacttt taaaggataa cagctatcca ttggtcttag
12301 gccccaaaaa ttttgggtca actccaaataa aaagtaataa ccatgcacac tactataacc
12361 accctaacc tgacttccct aattcccccc atccttacca ccctcgtaa ccctaaca
12421 aaaaactcat acccccatta tgtaaatcc attgtcgcat ccacctttat tatcagtctc
12481 ttccccacaa caatattcat gtgcctagac caagaaggtt ttatctcgaa ctgacactga
12541 gccacaaccc aaacaacccaa gctctcccta agcttcaa ac tagactactt ctccataata
12601 ttcatccctg tagcattgtt cgttacatgg tccatcatag aattctca ctgatataata
12661 aactcagacc caaacattaa tcagttctc aaatatctac tcatcttc aattaccata
12721 ctaatcttag ttaccgctaa caaccttac caactgttca tcggctgaga gggcgttagga
12781 attatatcct tcttgctcat cagttgatga tacgcccggag cagatgccaa cacagcagcc
12841 attcaagcaa tcctatacaa ccgtatcgcc gatatcggtt tcattctcgc cttagcatga
12901 tttatcctac actccaaactc atgagaccca caacaaatag cccttctaaa cgctaattcca
12961 agcctcaccc cactactagg cctcctccta gcagcagcag gcaaattcagc ccaatttaggt
13021 ctccaccct gactcccctc agccatagaa ggccccaccc cagtctcagc cctactccac
13081 tcaagacta tagttgttagc aggaatctc ttactcatcc gcttccaccc cctagcagaa
13141 aatagcccac taatccaaac tctaacaacta tgcttaggcg ctatcaccac tctgttcgca
13201 gcagtctcgcc cccttacaca aatgacatc aaaaaatcg tagcctctc cacttcaagt
13261 caactaggac tcataatagt tacaatcgcc atcaaccaac cacacccatc attcctgcac
13321 atctgtaccc acgccttctt caaagccata ctatTTatgt gctccggatc catcatccac
13381 aaccttaaca atgaacaaga tattcgaaaa ataggaggac tactcaaaac catabctctc
13441 acttcaaccc ctccattccat tggcagccta gcattagcag gaataacctt cctcacagg
13501 ttctactcca aagaccatc catcgaaacc gcaaacatat catacacaac ccgctgagcc
13561 ctatctatta ctctcatcgcc tacctccctg acaagcgcct atagcactcg aataattctt
13621 ctcaccctaa caggtcaacc tcgcttcccc acccttacta acattaacga aaataacccc
13681 accctactaa accccattaa acgcctggca gcccggaaagcc tattcgcagg atttctcatt
13741 actaacaaca tttcccccgc atcccccttc caaacaacaa tccccctcta cctaaaactc
13801 acagccctcg ctgtcacttt cctaggactt ctaacagccc tagacctaa ctacctaacc
13861 aacaaactta aaataaaatc cccactatgc acatTTatt tctccaacat actcggattc
13921 taccctagca tcacacaccc cacaatcccc tatcttaggcc ttctcacgag caaaaacctg
13981 cccctactcc tccttagaccc aacctgacta gaaaagctat tacctaaaac aatttcacag
14041 caccaaatct ccacccatcat catcacctca accaaaaag gcataattaa actttacttc
14101 ctctctttct tcttcccact catcctaacc ctactcctaa tcacataacc tattcccccc
14161 agcaatctca attacaatat atacaccaac aaacaatgtt caaccagtaa ctactactaa
14221 tcaacgcccc tagtcataca aagccccgc accaatacga tcctcccgaa tcaaccctg
14281 cccctctctt tcataaaatta ttcaagctcc tacactatta aagttacca caaccaccc
14341 cccatcatac tcttcaccc acagcacca tcctacccctc atcgctaacc ccactaaaac
14401 actcaccaag acctcaaccc ctgacccccc tgccctcagg tactcctcaa tagccatcg
14461 tgttagtatat ccaaagacaa ccatcattcc ccctaaataa attaaaaaaa ctattaaacc
14521 catataaccc cccaaaaat tcagaataat aacacacccg accacaccgc taacaatcaa
14581 tactaaaccc ccataaaatag gagaaggctt agaagaaaaac cccacaaacc ccattactaa
14641 acccacactc aacagaaaaca aagcatacat cattattctc gcacgggcta caaccacgc
14701 caatgatatac aaaaaccatc gttgtatttc aactacaaga acaccaatga ccccaatacg
14761 caaaattaaac cccctaataa aattaattaa ccactcattc atcgacctcc ccacccatc
14821 caacatctcc gcatgatgaa acttcggctc actccttggc gcctgcctga tcctccaaat
14881 caccacagga ctattcctag ccatacacta ctcaccagac gcctcaaccg cttttcattc
14941 aatcgccccatc atcactcgag acgtaaattt tggtgaatc atccgcattc ttacgcca
15001 tggcgccctca atattctta tctgcctt cctacacat gggcgaggcc tatattacgg
15061 atcatttctc tactcagaaa cctgaaacat cgccatttac ctctgttca actatagc
15121 aacagccttc ataggctatg tcctcccgta aggccaaata tcattctgag gggccacagt
15181 aattacaaac ttactatccg ccatcccata cattgggaca gacctagtt aatgaatctg
15241 aggaggctac tcagtagaca gtcccaccc cacacgattc tttaccttcc acttcatctt
15301 gcccttcatt attgcagccc tagcagcact ccacccctta ttctgcacg aaacgggatc
15361 aaacaacccc ctaggaatca cctcccatc cgataaaatc accttccacc cttaactacac
15421 aatcaaagac gccctcggt tacttcttt cattctctcc ttaatgacat taacactatt
15481 ctcaccagac ctcttaggcg acccagacaa ttatccctt gccaacccct taaacacccc
15541 tccccacatc aqccqaaat qatatttctt attcqccctac acaattctcc qatccqctcc

15601 taacaagcta ggaggcgtcc ttgccctatt actatccatc ctcatcttag caataatccc
15661 catcctccat atatccaaac aacaaagcat aatatttcgc ccactaagcc aatcaacttta
15721 ttgactccta gcccgagacc tcctcattct aacctgaatc ggaggacaac cagtaagcta
15781 ccctttacc atcattggac aagtagcatc cgtaactatac ttcacacaacaa tcctaattcct
15841 aataccaact atctccctaa ttgaaaacaa aataactcaa tgggcctgtc ctgttagtat
15901 aaactaatac accagtcttg taaaccgaag atgaaaacct tttccaagg acaaattcaga
15961 gaaaaagtct ttaactccac cattagcacc caaagctaag attctaattt aaactattct
16021 ctgttcttc atgggaaagc agatttggtt accacccaag tattgactca cccatcaaca
16081 accgctatgt atttcgtaca ttactgccag ccacccatgaa tattgcacgg taccataaat
16141 acttgaccac ctgttagtaca taaaaaccya atccacatca aaacccctc cccatgctta
16201 caagcaagta cagcaatcaa ccctcaacta tcacacatca actgcaactc caaagccacc
16261 cctcacccac taggatacca acaaaccctac ccacccatcaa cgtacatag tacataaaagc
16321 catttaccgt acatagcaca ttacagtcaa atcccttctc gtccccatgg atgacccccc
16381 tcagataggg gtcccttgac caccatcctc cgtgaaatca atatcccgca caagagtgc
16441 actctcctcg ctccgggccc ataacacttg gggtagcta aagtgaactg tatccgacat
16501 ctggttccta cttcaggggcc ataaagccta aatagccac acgttccct taaataagac
16561 atcacgatg

Примечание. у – гетероплазмия в позиции 16169 (С/Т).

**Полная последовательность митохондриального генома итальянской княгини –
правнучки королевы Виктории (бабушки императрицы Александры Федоровны)**

1 gatcacaggt ctatcaccct attaaccact cacggagct ctccatgcac ttggatattt
61 cgtctggggg gtatgcacgc gatagcattg cgagacgctg gagccggagc accctatgtc
121 gcagtatctg tctttgattc ctgcctcatac ctattattta tcgcacccatc gttcaatatt
181 acaggcgaaac atacttacta aagtgttta attaattaat gcttgttagga cataataata
241 acaattgaat gtctgcacag ccgccttcca cacagacatc ataacaaaaa atttccacca
301 aaccccccct ccccccgctt ctggccacag cacttaaaca catctctgcc aaaccccaa
361 aacaagaac cctaacadca gcctaaccag atttcaaatt ttatctttg gcggtatgca
421 ctttaacag tcacccccc actaacacat tattttcccc tcccactccc atactactaa
481 tctcatcaat acaacccccc cccatcctac ccagcacaca cacacaccgc tgctaacc
541 ataccccgaa ccaaccaaac cccaaagaca ccccccacag tttatgttagc ttacctc
601 aaagcaatac actgaaaatg ttttagacggg ctcacatcac cccataaaca aataggttt
661 gtcctagcct ttcttattagc tcttagtaag attacacatg caagcatccc cgttccagtg
721 agttcaccct ctaaatcacc acgatcaaaa gggacaagca tcaagcacgc agcaatgcag
781 ctcaaaacgc ttagccttagc cacacccca cggaaacag cagtgattaa cctttagcaa
841 taaacgaaag tttaactaag ctataactaac cccagggtt gtcatttcg tgccagccac
901 cgcggtcaca cgattaaccc aagtcaatag aagccggcgt aaagagtgtt ttagatcacc
961 ccctcccaa taaagctaaa actcacctga gttttaaaaa actccagttt acacaaaata
1021 gactacgaaa gtggcttaa catatctgaa cacacaatag ctaagacccca aactgggatt
1081 agataccca ctatgcttag ccctaaaccc caacagttaa atcaacccca atcaacaaa
1141 gaacactacg agccacagct taaaactcaa aggacctggc ggtgcttcat atccctctag
1201 aggagcctgt tctgtatcg ataaaccccg atcaacctca ccaccttgc ctcagcctat
1261 ataccgcccatttcagcaaa ccctgatgaa ggctacaaag taagcgaag tacccacgta
1321 aagacgttag gtcaagggtt agcccatgag gtggcaagaa atgggctaca ttttctacc
1381 cagaaaacta cgatagccct tatgaaaactt aagggtcgaa ggtggattt gcagtaaact
1441 gagagtagag tgcttagttt aacagggccc tgaagcgcgt acacaccgc cgtcacc
1501 ctcaagtata cttcaaaagga catttaacta aaacccctac gcatttatag agaggagaca
1561 agtcgtaaacta tggtaagtgt actggaaagt gcacttggac gaaccagagt gtagcttac
1621 acaaagcacc caacttacac ttaggagatt tcaacttaac ttgaccgctc tgagctaaac
1681 cttagcccaa acccactcca ccttactacc agacaacctt agccaaacca tttacccaaa
1741 taaagtatac gcgatagaaa ttgaaacactg ggcataataga tatagtaccg caagggaaag
1801 atgaaaaattt ataaaccaagc ataataatagc aaggactaac ccctataacct tctgcataat
1861 gaattaaacta gaaataactt tgcaaggaga gccaaagcta agaccccgaa aaccagacga
1921 gctacctaag aacagctaaa agagcacacc cgtctatgtt gcaaaatagt ggaagattt
1981 ataggttagag ggcacaaacc taccgagccct ggtgatagct ggttgcctt gatagaatct
2041 tagttcaact ttaaatttgc ccacagaacc ctctaaatcc ccttgcataat ttaactgtt
2101 gtccaaagag gaacagctt ttggacacta ggaaaaaacc ttgttagagag agtaaaaaat
2161 ttaacaccca tagtaggcct aaaagcagcc accaattaag aaagcgttca agctcaacac
2221 ccactaccta aaaaatccca aacatataac tgaactcctc acacccaaattt ggaccaatct
2281 atcaccctat agaagaacta atgttagtat aagtaacatg aaaacattct cctccgcata
2341 agcctgcgtc agattaaaac actgaactga caattaacag cccaatatct acaatcaacc
2401 aacaagtcat tattaccctc actgtcaacc caacacaggc atgctcataa gggaaaggtt
2461 aaaaaagtaa aaggaactcg gcaaatttta cccgcctgt ttacaaaaaa catcacctct
2521 agcatcacca gtatttaggg caccgcctgc ccagtgcacac atgtttaacg gccgcggat
2581 cctaaccgtg caaaggtagc ataatactt gttctttaaa tagggacctg tatgaatggc
2641 tccacgaggg ttcaactgtc tcttactttt aaccagtgaa attgactgc cctgtaaag
2701 gcccgcataa cacagcaaga cgagaagacc ctatggagct ttaattttt aatgcaaaca
2761 gtacctaaca aaccacagg tcctaaacta ccaaaccgtc attaaaaattt tcggttgggg
2821 cgacctcgga gcagaacccca acctccgagc agtacatgtt aagacttcac cagtc
2881 gaactactat actcaatttga tccaataact tgaccaacgg aacaaggatc cctaggata
2941 acagcgcaat cctattcttag agtccatatac aacaataggg ttacgcacct cgtatgtt
3001 tcaggacatc ccaatggtgc agccgtattt aaagggtcgat ttgttcaacg attaaagtcc
3061 tacgtgatct gagttcagac cggagtaatc caggtcggtt tctatctact tcaaattc
3121 ccctgtacga aaggacaaga gaaataaggc ctacttcaca aagcgccttc cccctaaat
3181 gatatcatct caacttagta ttataccac acccaccctaa gaacagggtt tggatagat
3241 gcagagcccg gtaatcgatc aaaactttaaa actttacagt cagaggtca attccttcc
3301 ttaacaacat acccatggcc aacccatccatc tcctcattgt accccattctc atcgcaatgg
3361 cattcctaattt gcttaccgaa cgaaaaattt tagctatat acaactacgc aaaggcccca
3421 acgtttagg cccctacggg ctactacaac ctttcgttca cggcataaaa ctcttcacca
3481 aagagccctt aaaaacccgc acatctacca tcaccctcta catcaccgc ccgaccc
3541 ctctcaccat cgcttcttca ctatgtttttt ccctccat acccaacccc ctggtaacc
3601 tcaaccttagg cctcttattt attcttagcca cctcttagctt agccgtttac tcaatc
3661 gatcagggtt agcatcaaactacg tcaaactacg ccctgatcg ggcactgcga gca
3721 aaacaatctc atatgtttttt acccttagcca tcattctact atcaacattt ctaataagtt

3781 gctcctttaa cctctccacc cttatcacaa cacaagaaca cctctgatta ctccctgccat
 3841 catgaccctt ggccataata tgatttatct ccacactagc agagaccaac cgaacccccc
 3901 tcgaccttcgc cgaaggggag tccgaactag tctcaggctt caacatcgaa tacgcccgcag
 3961 gccccttcgc cctattcttc atagccaat acacaaacat tattataata aacaccctca
 4021 ccactacaat cttcccttagga acaacatatg acgcacttc ccctgaactc tacacaacat
 4081 attttgtcac caagacccta cttctaacct ccctgttctt atgaattcga acagcatatc
 4141 cccgattccg ctacgaccaa ctcatacacc tcctatgaaa aaacttccctt ccactcacc
 4201 tagcattact tatatgatat gtctccatcc ccattacaat ctccagcatt cccctctcaaa
 4261 cctaagaaat atgtctgata aaagagtac tttgatagag taaataatag gagcttaaac
 4321 ccccttattt ctaggactat gagaatcgaa cccatccctg agaatccaa attctccgtg
 4381 ccacctatca caccccatcc taaagtaagg tcagctaaat aagctatcgg gcccataccc
 4441 cgaaaatgtt ggttataccc ttcccgtact aattaatccc ctggccaaac ccgtcatcta
 4501 ctctaccatc tttgcaggca cactcatcac agcctaagc tcgcactgat ttttacctg
 4561 agtaggccta gaaataaaaca tgctagctt tattccagtt ctaaccaaaa aataaaaccc
 4621 tcgttccaca gaagctgcca tcaagtatcc cctcacgcaa gcaaccgcatt ccataatcct
 4681 tctaataatgc atcctcttca acaatatact ctccggacaa tgaaccataa ccaatactac
 4741 caatcaatac tcatcattaa taatcataat ggctatagca ataaaactag gaatagcccc
 4801 ctttcaatcc tgagtcccag aggttacca aggccccct ctgacatccg gcctgcttct
 4861 tctcacatga caaaaactag ccccccatttc aatcatatac caaatcttc cctcactaaa
 4921 cgtaagcctt ctccctactc tctcaatctt atccatcata gcaggcagtt gaggtggatt
 4981 aaaccaaacc cagctacgca aaatcttagc atactcctca attaccaca taggatgaard
 5041 aatagcagg tctaccgtaca accctaacat aaccattctt aatttaacta ttatattat
 5101 ccttaactact accgcattcc tactactca cttaaactcc agcaccacga ccctactact
 5161 atctcgacc tgaaacaagg taacatgact aacaccctt attccatcca ccctcctctc
 5221 cctaggaggc ctgccccccg taaccggctt tttgccccaaa tggccattt tgaagaatt
 5281 cacaaaaaac aatagcctca tcatcccac catcatagcc accatcaccc tccttaaccc
 5341 ctacttctac ctacgcctaa tctactccac ctcaatcaca ctactccca tatctaacaa
 5401 cgtaaaaata aaatgacagt ttgaacatac aaaacccacc ccattctcc ccacactcat
 5461 cgcccttacc acgctactcc tacctatctc ccctttata ctaataatct tatagaaatt
 5521 taggttaaat acagaccaag agccttcaaa gcctctgta agttgcaata ctaatttct
 5581 gtaacagcta aggactgaa aaccccactc tgcatcaact gaacgcaaat cagccactt
 5641 aattaagcta agcccttact agaccaatgg gacttaaacc cacaacact tagttaacag
 5701 ctaagcaccc taatcaactg gcttcaatct acttctcccg ccggcggaa aaaaggcggg
 5761 agaagcccg gcagggttga agctgcttct tcgaatttgc aattcaatat gaaaatcacc
 5821 tcggagctgg taaaaagagg cctaaccct gtctttagat ttacagtcata atgcttcact
 5881 cagccatttt acctcaccctt cactgatgtt cggccaccgt tgactattct ctacaaacca
 5941 caaagacatt ggaacactat acctattatt cggcgcgtga gctggagtcc taggcacagc
 6001 tctaagcctc cttattcgag ccgagctggg ccagccaggc aacctttagt gtaacgacca
 6061 catctacaac gttatcgta cagcccatgc atttgcata atcttctca tagtaatacc
 6121 catcataatc ggaggctttg gcaactgact agtccctta ataatcggtg ccccgatata
 6181 ggcgttccc cgcataaaca acataagctt ctgactctt cctccctctc tcctactcct
 6241 gctcgcatct gctatagtgg aggccggagc aggaacaggt tgaacagtct accctccctt
 6301 agcagggAAC tactccacc ctggagccct cgtagaccta accatcttct ccttacaccc
 6361 agcaggtgtc tcctctatct tagggggccat caatttcata cacaacaatta tcaatataaa
 6421 acccccctgcc ataacccaaat accaaacgcc ccttctcgat tgatccgtcc taatcacagc
 6481 agtcctactt ctcctatctc tcccagtcc agctgctggc atcactatac tactaacaga
 6541 ccgcaaccc aacaccacat tcttcgaccc cggccggagga ggagacccca ttctataacca
 6601 acacctattt tgattttcg gtcacccctga agtttatatt cttatctac caggcttcgg
 6661 aataatctcc catattgtaa cttaactactc cggaaaaaaa gaaccatttg gatacatagg
 6721 tatggctcta gctatgatata caattggctt ccttagggtt atcgtgtgag cacaccatata
 6781 atttacagta ggaatagacg tagacacacg agcatatttc acctccgcta ccataatcat
 6841 cgctatcccc accggcgtca aagtatttag ctgactcgcc acactccacg gaagcaatata
 6901 gaaatgatct gctgcagtgc tctgagccct aggattcatc ttctttca ccgttaggtgg
 6961 cctgactggc attgttattag caaactcatc actagacatc gtactacacg acacgtacta
 7021 cgttgttagcc cacttccact atgtcctatc aataggagct gtatttgcca tcataggagg
 7081 cttcattcac tgattttccc tattctcagg ctacaccctta gaccaaccc acgccaaaat
 7141 ccatttcact atcatattca tcggcgtaaa tctaacttcc ttcccaac acttctcg
 7201 cctatccgga atgccccgac gttactcgga ctaccccgat gcatacacca catgaaacat
 7261 cctatcatct gtaggctcat tcatttctt aacagcgtatc atattaataa ttttcatgtat
 7321 ttgagaagcc ttgcgttgc agcgaaaatg cctaataatgta gaagaacccct ccataaacc
 7381 ggagtgacta tatggatgcc cccccaccctt ccacacattc gaagaacccg tatacataaa
 7441 atcttagacaa aaaaggaagg aatcgaaaccc cccaaagctg gtttcaagcc aaccccatgg
 7501 cctccatgac ttttcaaaa aggtattaga aaaaccattt cataacttgc tcaaagttaa
 7561 attataggtt aaatcctata tatcttaatg gcacatgcag cgcaagtagg tctacaagac
 7621 gctacttccc ctatcataga agagcttac accttcatg atcacccctt cataatcatt
 7681 ttccttatct gttcccttagt cttgtatgcc cttttccatcc cactcacaac aaaactaact

7741 aatactaaca tctcagacgc tcaggaata gaaaccgtct gaactatcct gccggccatc
 7801 atcctagtcc tcatcgccct cccatcccta cgcatcctt acataacaga cgaggtcaac
 7861 gatccctccc ttaccatcaa atcaattggc caccaatggt actgaaccta cgagtgacacc
 7921 gactacggcg gactaatctt caactcctac atacttcccc cattattcct agaaccaggc
 7981 gacctgcgac tccttgacgt tgacaatcga gtagtactcc cgattgaagc ccccattcgt
 8041 ataataattt catcacaaga cgtcttgac tcatgagctg tccccacatt agcttaaaa
 8101 acagatgcaa ttcccgacg tctaaaccaa accacttca cgcgtacacg accgggggta
 8161 tactacggtc aatgtctga aatctgtgga gcaaaaccaca gtttcatgcc catcgctccta
 8221 gaattaattt ccctaaaaat ctttgaataa gggcccgat ttaccctata gcacccctc
 8281 taccctctt agagccact gtaaagctaa cttagcatta accttttaag ttaaagatta
 8341 agagaaccaa cacctttt cagtgaard ccccaactaa atactaccgt atggccacc
 8401 ataatttacc ccatactcct tacactattc ctcatcaccc aactaaaaat attaaacaca
 8461 aactaccacc taccccttcc accaaagccc ataaaaataa aaaattataa caaaccctga
 8521 gaacccaaat gaacgaaaat ctgttcgctt cattcattgc ccccaactatcctac
 8581 cgcgcgactt actgtatcatt ctatttcccc ctatattgtat ccccaacttcc aaatatctca
 8641 tcaacaaccc actaattcacc acccaacaat gactaatcaa actaacctca aaacaaatga
 8701 taaccataca caacactaaa ggacgaacct gatctttat actagtatcc ttaatcattt
 8761 ttattgcccc aactaacctc ctcggactcc tgccctactc atttacacca accacccaac
 8821 tatctataaa cctagccatg gccatcccc tatgagcggg cgcaatgtattt ataggcttc
 8881 gctctaagat taaaatgcc cttagccact tcttaccaca aggcacaccc acaccctta
 8941 tccccatact agttatttac gaaaccatca gcctactcat tcaaccaata gccctggccg
 9001 tacgcctaaac cgctaacatt actgcaggcc acctactcat gcacctaatt ggaagcgcca
 9061 cccttagcaat atcaaccatt aaccccttccct ctacacttat catcttcaca attctaattc
 9121 tactgactat cctagaaatc gctgtcgct taatccaagc ctacgtttt acacttctag
 9181 taagcctcta cctgcacgac aacacataat gaccaccaa tcacatgcct atcatatagt
 9241 aaaacccagc ccatgaccccc taacagggc cctctcagcc ctcctaatttga cctccggcct
 9301 agccatgtga tttcacttcc actccataac gctccctata cttaggcctac taaccaacac
 9361 actaaccata taccaatgat ggcgcgatgt aacacgagaa agcacatacc aaggccacca
 9421 cacaccaccc gtccaaaaag gccttcgata cgggataatc ctatatttta cctcagaagt
 9481 tttttcttc gcaggatttt tctgagcctt ttaccactcc agcctagccc ctacccccc
 9541 attaggaggg cactggcccc caacaggcat caccggctaa atcccttag aagtccact
 9601 cctaaacaca tccgtattac tcgcattcagg agtataatc acctgagctc accatagtct
 9661 aatagaaaac aaccgaaacc aaataattca agcactgctt attacaattt tactgggtct
 9721 ctatttacc ctcctacaag cctcagagta cttagcgtt cccttcacca ttccgcacgg
 9781 catctacggc tcaacatttt ttgttagccac aggcttccac ggacttcacg tcattattgg
 9841 ctcaactttc ctcactatct gcttcattcc ccaactaata ttccacttta catccaaaca
 9901 tcactttggc ttcaagccg ccgcctgata ctggcatttt gtagatgtgg ttgacttatt
 9961 tctgtatgtc tccatctatt gatgagggtc ttacttttt agtataataa gtaccgttaa
 10021 cttccaaattt actagttttt acaacattca aaaaagagta ataaacttcg ccttaatttt
 10081 aataatcaac acccccttag ccttactact aataattttt acattttgc taccacaact
 10141 caacggctac atagaaaaat ccacccctta cgagtgcggc ttgcacccca tatccccgc
 10201 ccgcgtccct ttctccataa aattcttctt agtagctatt accttctt tatttgcatt
 10261 agaaattgcc ctccctttac cccttaccatg agccctacaa acaactaacc tgccactaat
 10321 agttatgtca tccctttat taatcatcat cctagccctt agtctgcct atagtgact
 10381 acaaaaagga ttagactgaa ccgaatttgtt atatagttt aacaaaacga atgatttcga
 10441 ctcattaaat tatgataatc atatttacca aatccccctc attacataa atattataact
 10501 agcatttacc atctcacttc taggataact agtataatc tcacacccca tattcccttcc
 10561 actatgccta gaaggaataa tactatcgct gttcattata gctactctca taaccctcaa
 10621 cacccactcc ctcttagccca atattgtgcc tattgccata cttagcttt ccgcctgcga
 10681 agcagcgggt ggccttagccct tactagtctc aatctccaa acatatggcc tagactacgt
 10741 acataaccta aacctactcc aatgctaaaa ctaatcgatcc caacaattat attactacca
 10801 ctgacatgac tttccaaaaa acacataatt tgaatcaaca caaccaccca cagcctaatt
 10861 attagcatca tccctctact attttttaac caaatcaaca acaacccatt tagctgttcc
 10921 ccaacccctt cctccgaccc cctaacaacc cccctccctaa tactaactac ctgactccta
 10981 cccctcacaa tcatggcaag ccaacggccac ttatccagtg aaccactatc acgaaaaaaaa
 11041 ctctacctt ctatataat cttccctacaa atctccctaa ttataacatt cacagccaca
 11101 gaactaatca tattttat tttcttcgaa accacactta tccccacccctt ggctatcatc
 11161 acccgatgag gcaaccagcc agaacgcctg aacgcaggca catacttctt attctacacc
 11221 cttagtaggtt cccttccccctt actcatcgat ctaatttaca ctcacaacac ccttaggctca
 11281 ctaaacattt tactactcac tctcactgccc caagaactat caaactccctg agccaacaac
 11341 ttaatatgac tagcttacac aatagctttt atagtaaaga tacctttaa cgactccac
 11401 ttatgactcc taaagccca tgtcgaagcc cccatcgctg ggtcaatagt acttgccgca
 11461 gtactctttaa aactaggcgg ctatggtata atacgcctca cactcatttcc caacccttgc
 11521 acaaaaacaca tagccctaccc cttcccttgc ctatccctat gaggcataat tataacaacg
 11581 tccatctgcc tgcacaaac agacctaaaa tcgctcatttgc cactacttcc aatcagccac
 11641 atagccctcg tagtaacagc cattctcatc caaacccttcc gaaagcttccac cgccgcagtc

11701 attctcataa tcgcccacgg gcttacatcc tcattactat tctgccttagc aaactcaaac
 11761 tacgaacgca ctcacagtcg catcataatc ctctctcaag gacttcaaac tctactccca
 11821 ctaatagctt tttgatgact tctagcaagc ctcgctaacc tcgccttacc ccccactatt
 11881 aacctactgg gagaactctc tgtgctagta accacgttct cctgatcaa tatcactctc
 11941 ctacttacag gactcaacat actagtaca gccctatact ccctctacat atttaccaca
 12001 acacaatggg gctcaactcac ccaccacatt aacaacataa aacccttatt cacacgagaa
 12061 aacaccctca tgttcataca cctatcccc atttcctcc tatccctaa ccccgacatc
 12121 attaccgggt tttcctttaaataatagt ttaaccaaaa catcagattt gtaatctgac
 12181 aacagaggct tacgaccctt tatttaccga gaaagctcac aagaactgct aactcatgcc
 12241 cccatgtcta acaacatggc tttctcaact tttaaaggat aacagcttac cattggctt
 12301 aggccccaaa aattttggtg caactccaaa taaaagtaat aaccatgcac actactataa
 12361 ccaccctaac cctgacttcc ctaattcccc ccattcctac caccctcgaa aaccctaaaca
 12421 aaaaaaaactc ataccccat tatgtaaaat ccattgtcgc atccacctt attatcagtc
 12481 tcttccccac aacaatattc atgtgcctag accaagaagt tattatctcg aactgacact
 12541 gagccacaac ccaaacaacc cagctctcc taagctcaa actagactac ttctccataa
 12601 tattcatccc tgttagcattt ttcgttacat gggtccatcat agaattctca ctgtgatata
 12661 taaactcaga cccaaacatt aatcagttct tcaaatatct actcatcttc ctaattacca
 12721 tactaatctt agttaccgct aacaacctat tccaactgtt catcgctga gaggcgtag
 12781 gaattatact cttttgtc atcagttgtt gatacggcc agcagatgcc aacacagcag
 12841 ccattcaagc aatctatac aaccgtatcg gcgatatcg tttcatctc gccttagcat
 12901 gatttatctt acactccaaatc tcatgagacc cacaacaaat agcccttcta aacgctaatac
 12961 caaggctcac cccactacta ggcctccccc tagcagcagc aggcaaatca gccaaattag
 13021 gtctccaccc ctgactcccc tcagccatag aaggccccac cccagctca gccctactcc
 13081 actcaaggcac tatagttgta gcaggaatct tcttactcat ccgttccac cccctagcag
 13141 aaaatagccc actaatccaa actctaacac tatgtcttagg cgctatacc actctgttcg
 13201 cagcagtctg cgcccttaca caaaatgaca tcaaaaaaaaaat cgtagcctt tccacttcaa
 13261 gtcaactagg actcataata gttacaatcg gcatcaacca accacaccta gcattcctgc
 13321 acatctgtac ccacgccttc ttcaagggca tactattttt gtgctccggg tccatcatcc
 13381 acaaccttaa caatgaacaa gatattcgaa aaataggagg actactaaa accataacctc
 13441 tcacttcaac ctccctcacc attggcagcc tagcattagc aggaataacct ttccctcacag
 13501 gtttctactc caaagaccac atcatcgaaa ccgcaaaacat atcatacaca aacgcctgag
 13561 ccctatctat tactctcatc gctacccccc tgacaagcgc ctatagact cgaataattc
 13621 ttctcaccct aacaggtcaa cctcgctcc ccacccttac taacattaac gaaaataacc
 13681 ccaccctact aaacccctt aaacgcctgg cagccggaaag cctattcgca ggatttctca
 13741 ttactaacaa cattttttttt gcatccccct tccaaacaac aatccccctc tacctaaaac
 13801 tcacagccct cgctgtcaact ttcttaggac ttcttaacagc cctagacccctc aactacctaa
 13861 ccaacaaact taaaataaaaa tccccactat gcacattttt tttctccaac atactcgat
 13921 tctaccctag catcacacac cgccacaatcc cctatctagg ccttcttacg agccaaaacc
 13981 tgcccctact cctcttagac ctaacctgac tagaaaaagct attacctaaa acaatttcac
 14041 agcaccaaat ctccacccccc atcatcacct caacccaaaaa aggcataatt aaactttact
 14101 ttctctcttt ttctttttt ctcataccaa ccctactctt aatcacataa cctattcccc
 14161 cgagcaatct caattacaat atatacacca acaaaacaaatg ttcaaccagt aactactact
 14221 aatcaacgcc cataatcata caaagcccccc gcaccaatag gatcctcccg aatcaaccct
 14281 gaccctctc ttccataaat tattcagttt cctacactat taaagttac cacaaccacc
 14341 accccatcat actcttcac ccacagcacc aatcttaccc ccatcgctaa ccccaactaaa
 14401 acactcacca agaccccaac ccctgacccc catgcctcag gatactccctc aatagccatc
 14461 gctgtgttat atccaaagac aaccatcatt ccccttaaat aaattaaaaa aactattaaa
 14521 cccatataac ctccccccaa attcagaata ataacacacc cgaccacacc gctaacaatc
 14581 aatactaaac cccctataat aggagaaggc ttagaagaaa accccacaaa ccccaattact
 14641 aaaccccacac tcaacagaaaa caaagcatac atcattttt tcgcacggac tacaaccacg
 14701 accaatgata tgaaaaacca tcgttgtatt tcaactacaa gaacaccaat gaccccaata
 14761 cgccaaacta accccctaat aaaattaatt aaccactcat tcatcgaccc ccccaaaaa
 14821 tccaaatctt ccgcacatgaaacttcggc tcactccctt ggcgcctgcct gatcctccaa
 14881 atcaccacag gactattccct agccatgcac tactcaccag acgcctcaac cgcctttca
 14941 tcaatgccttcc acatcactcg agacgttaat tatggctgaa tcatccgcta ccttcacgc
 15001 aatggcgctt caatattctt tatctgcctc ttccataaca tcggggcagg cctatattac
 15061 ggatcatttc tctactcaga aacctgaaac atcggcatta tcctcctgct tgcactata
 15121 gcaacagcct tcataggcta tgccctcccg tgaggccaaa tatcattctg agggccaca
 15181 gtaattacaa acttactatc cgccatccca tacattggga cagacctagt tcaatgaatc
 15241 tgaggaggct actcagtaga cagttccacc ctcacacat tctttacctt tcaacttcatc
 15301 ttgccttca ttattgcagc cctagcagca ctccacccctt tattcttgcg cggaaacggg
 15361 tcaaacaacc cccttaggaat cacctcccat tccgataaaaa tcaccccttca cccttactac
 15421 acaatcaaag acgcctcggtt cttacttctc ttcccttctt ccttaatgac attaacaacta
 15481 ttctcaccag acctccttagg cgacccagac aattataccc tagccaaaccc cttaaacacc
 15541 cttccccaca tcaagccgaa atgatatttc ctattcgcct acacaattctt ccgatccg
 15601 ctcataacaaatc taggaggcgt cttgccttca ttactatcca tcctcatctt agcaataatc

15661 cccatcctcc atatatccaa acaacaaagc ataataatttc gcccactaag ccaatcactt
15721 tattgactcc tagccgcaga cctcctcatt ctaacctgaa tcggaggaca accagtaagc
15781 taccctttta ccatcattgg acaagttagca tccgtactat acttcacaac aatcctaatic
15841 ctaataccaa ctatctccct aattgaaaac aaaatactca aatgggcctg tccttgtagt
15901 ataaactaat acaccagtct tgtaaaccgg agatgaaaac cttttccaa ggacaaatca
15961 gagaaaaagt cttaactcc accattagca cccaaagcta agattctaatt taaaactatt
16021 ctctgttctt tcatgggaa gcagattgg gtaccaccca agtattgact caccatcaa
16081 caaccgctat gtatttcgta cattactgcc agtcaccatg aatattgtac ggtaccataa
16141 atacttgacc acctgttagta cataaaaacc caatccacat caaaaccccc tc(cc)atgct
16201 tacaagcaag tacagcaatc aaccctcaac tattcacacat caactgcaac tccaaagcca
16261 cccctcaccc actaggatac caacaaacct acccaccctt aacagtacat agtacataaa
16321 gccatttacc gtacatagca cattacagtc aaatccctcc tcgtccccat ggatgacccc
16381 cctcagatag gggcccttg accaccatcc tccgtaaat caatatcccg cacaagagtg
16441 ctactctcct cgctccgggc ccataacact tggggtagc taaagtgaac tgtatccgac
16501 atctggttcc tacttcaggg ccataaagcc taaatagccc acacgttccc cttaataaag
16561 acatcacgat g

**Полная последовательность митохондриального генома принцессы Югославии –
правнучки принцессы Виктории Хессе (сестры императрицы Александры
Федоровны)**

1 gatcacaggt ctatcaccct attaaccact cacggagct ctccatgcat ttggtatTTT
61 cgtctgggg gtatgcacgc gatagcattg cgagacgctg gagccggagc accctatgtc
121 gcagtatctg tctttgattc ctgcctcatc ctattattta tcgcacctac gttcaatatt
181 acaggcgaac atacttacta aagtgttta attaattaat gcttgttagga cataataata
241 acaattgaat gtctgcacag ccgcTTTca cacagacatc ataacaaaaa atttccacca
301 aaccccccct ccccccgctt ctggccacag cacttaaaca catctctgcc aaaccccaa
361 aacaaagaac cctaacacca gcctaaccag atttcaaatt ttatctttg gcggatgca
421 ctTTtaacag tcacccccc actaacacat tattttccc tcccactccc atactactaa
481 tctcatcaat acaaccccg cccatcctac ccagcacaca cacacaccgc tgctaacc
541 ataccccgaa ccaaccaaac cccaaagaca ccccccacag tttatgttagc ttacccctc
601 aaagcaatac actgaaaatg tttagacggg ctcacatcac cccataaaaca aataggttg
661 gtcctagcct ttctttagc tcttagtaag attacacatg caagcatccc cgTTccagtg
721 agttcaccct ctaaatcacc acgatcaaaa gggacaagca tcaagcacgc agcaatgcag
781 ctcaaaaacgc ttagccttagc cacacccca cgggaaacag cagtgattaa ccttttagcaa
841 taaacgaaag tttaactaag ctatactaac cccaggggtt gtcattttcg tgccagccac
901 cgcggcaca cgttaaacc aagtcaatag aagccggcgt aaagagtgtt ttagatcacc
961 ccctcccaa taaagctaaa actcacctga gttgtaaaaa actccagttg acacaaaata
1021 gactacgaaa gtggctttaa catatctgaa cacacaatag ctaagacca aactgggatt
1081 agataccca ctatgcttag ccctaaccct caacagttaa atcaacaaa ctgctcgcca
1141 gaacactacg agccacagct taaaactcaa aggacctggc ggtgcttcat atccctctag
1201 aggaggctgt tctgtatcg ataaaaccccg atcaacctca ccacctctt ctcagcctat
1261 ataccGCCat cttcagcaaa ccctgatgaa ggctacaaag taagcgcaag taccacgta
1321 aagacgttag gtcaagggtgt agcccatgag gtggcaagaa atgggctaca ttttctaccc
1381 cagaaaacta cgatagccct tatgaaactt aagggtcga ggtggattta gcagtaaact
1441 gagagtagag tgcttagtt aacagggccc tgaagcgcgt acacaccgc cgtcaccctc
1501 ctcaagtata cttcaaagga catttaacta aaaccctac gcatttat agaggagaca
1561 agtcgtaaaca tggtaagtgt actggaaagt gcacttggac gaaccagagt gtagcttaac
1621 acaaaggcacc caacttacac ttaggagatt tcaacttaac ttgaccgctc tgagctaaac
1681 cttagcccaa acccactcca ccttactacc agacaacctt agccaaaccca ttaccccaa
1741 taaagtatac gcgatagaaa ttgaaacctg ggcgaataga tatagtaccg caagggaaag
1801 atgaaaaatt ataaccaagc ataatatagc aaggactaac ccctataacct tctgcataat
1861 gaattaacta gaaataactt tgcaaggaga gccaaagcta agaccccgaa aaccagacga
1921 gctacctaag aacagctaaa agagcacacc cgtctatgtc gcaaaatagt gggaaagattt
1981 ataggttagag gcgacaaacc taccgagcct ggtgatagct ggttgtccaa gatagaatct
2041 tagttcaact ttaaatttgc ccacagaacc ctctaaatcc cttgttaat ttaactgtta
2101 gtccaaagag gaacagctct ttggacacta ggaaaaaacc ttgttagagag agaaaaaaaaat
2161 ttaacaccca tagtaggcct aaaagcagcc accaattaag aaagcgttca agctcaacac
2221 ccactaccta aaaaatccca aacatataac tgaactcctc acacccaaatt ggaccaatct
2281 atcaccctat agaagaacta atgttagtat aagtaacatg aaaacattt cctccgcata
2341 agcctgcgtc agattaaaac actgaactga caattaacag cccaatatct acaatcaacc
2401 aacaagtcat tattaccctc actgtcaacc caacacaggc atgctcataa ggaaagggtt
2461 aaaaaagttaa aaggaactcg gcaaatttta ccccgctgt ttacccaaaa catcacctct
2521 agcatcacca gtattagagg caccgcctgc ccagtacac atgtttacg gcccgggtac
2581 cctaaccgtg caaaggtagc ataatcactt gttccttaaa tagggacctg tatgaatggc
2641 tccacgaggg tttagctgtc tcttactttt aaccagtgaa attgacctgc ccgtgaagag
2701 gcccgcataa cacagcaaga cgagaagacc ctatggagct ttaattttt aatgcaaaaca
2761 gtacctaaca aacccacagg tcctaaacta ccaaaccctgc attaaaaatt tcgggtgggg
2821 cgacctcgga gcagaaccca acctccgagc agtacatgtc aagacttcac cagtcaagc
2881 gaactactat actcaattga tccaataact tgaccaacgg aacaagttac ccttagggata
2941 acagcgaat cttattctag agtccatatac aacaataggg tttacgacct cgatgttgg
3001 tcaggacatc ccaatggtgc agccgtatt aaagggtcgt ttgttcaacg attaaagtcc
3061 tacgtgatct gagttcagac cggagtaatc caggtcggtt tctatctact tcaaattcct
3121 ccctgtacga aaggacaaga gaaataaggc ctacttcaca aagcgccttc ccccgtaaat
3181 gatcatct caacttagta ttataccac acccaccCAA gaacagggtt tgTTaaatgt
3241 gcagagcccg gtaatcgcat aaaacttaaa actttacagt cagaggttca attcccttcc
3301 ttaacacaat acccatggcc aacccctac tcctcattgt acccattcta atcgaatgg
3361 cattcctaatt gcttaccgaa cgaaaaattt taggctatat acaactacgc aaaggcccc
3421 acgttgttagg cccctacggg ctactacaac cttcgctga cgccataaaaa ctcttcacca
3481 aagagccctt aaaaacccggc acatctacca tcaccctcta catcaccgc ccgacccctag

3541 ctctcaccat cgctcttcta ctagaaccc ccctccccat acccaacccc ctggtaacc
3601 tcaacctagg cctcctattt attctagcca cctctagcct agccgtttac tcaatcctct
3661 gatcagggtg agcatcaaac tcaaactacg ccctgatcgg cgcaactgcga gcagtagccc
3721 aaacaatctc atatgaagtc accctagcca tcattctact atcaacattt ctaataagtg
3781 gctcctttaa cctctccacc cttatcacaa cacaagaaca cctctgatta ctcctgccat
3841 catgaccctt ggccataata tgatttatct ccacactacg agagaccaac cgaacccccc
3901 tcgacccctgc cgaaggggag tccgaactag tctcaggctt caacatcgaa tacggccag
3961 gcccctcgc cctattttc atagccaat acacaaacat tattataata aacaccctca
4021 ccactacaat cttccttagga acaacatatg acgcactctc ccctgaactc tacacaacat
4081 atttgtcac caagaccctt cttctaacct ccctgttctt atgaattcga acagcatatc
4141 cccgattccg ctacgaccaa ctcatacacc tcctatgaaa aaacttccta ccactcaccc
4201 tagcattact tatatgatat gtctccatac ccattacaat ctccagcatt cccctctaaa
4261 cctaagaaat atgtctgata aaagagttac tttgatagag taaataatag gagcttaaac
4321 ccccttattt ctaggactat gagaatcgaa cccatccctg agaatccaaa attctccgtg
4381 ccacctatca caccatcc taaagtaagg tcagctaat aagctatcgg gcccataccc
4441 cgaaaatgtt ggttataccc ttcccgtact aattaatccc ctggcccaac ccgtcatct
4501 ctctaccatc tttgcaggca cactcatcac agcgctaagc tcgcactgtat ttttacctg
4561 agtaggccta gaaataaaca tgctagctt tattccagtt ctaacccaaa aaataaacc
4621 tcggtccaca gaagctgcca tcaagtattt cctcacgca gcaaccgcatt ccataatcct
4681 tctaatacgat atccctttca acaatatact ctccggacaa tgaaccataa ccaatactac
4741 caatcaatac tcatcattaa taatcataat ggctatagca ataaaactag gaatagcccc
4801 ctttcacttc tgagtcccag aggttaccca aggacccct ctgacatccg gcctgcttct
4861 tctcacatga caaaaactag ccccatctc aatcatatac caaatctctc cctcactaaa
4921 cgtaagcctt ctcctcactc tctcaatctt atccatcata gcaggcagtt gaggtggatt
4981 aaaccaaacc cagctacgca aaatcttagc atactcctca attacccaca taggatgaat
5041 aatagcagtt ctaccgtaca accctaacat aaccattctt aatttaacta tttatattat
5101 cctaactact accgcattcc tactactcaa cttaaactcc agcaccacga ccctactact
5161 atctcgacc taaaaacaagc taacatgact aacaccctta attccatcca ccctcctctc
5221 cctaggaggc ctgccccgc taaccggctt tttgccccaa tgggccattt tcgaagaatt
5281 cacaaaaaac aatgcctca tcatccccc catcatagcc accatcaccc tccttaaccc
5341 ctacttctac ctacgcctaa tctactccac ctcaatcaca ctactccca tatctaacaa
5401 cgtaaaaata aaatgacagt ttgaacatac aaaacccacc ccattcctcc ccacactcat
5461 cgcccttacc acgctactcc tacctatctc ccctttata ctaataatct tatagaaatt
5521 taggttaaat acagaccaag agccttccaa gccctcagta agttgcaata cttaatttct
5581 gtaacagcta aggactgcaa aacccactc tgcataact gaacgcaaat cagccacttt
5641 aattaagcta agcccttact agaccaatgg gacttaaacc cacaacact tagttAACAG
5701 ctaagcaccc taatcaactg gcttcaatct acttctcccg cgcggggaa aaaaggccgg
5761 agaagccccg gcagggttga agctgcttct tcgaatttgc aattcaat aaaaatcacc
5821 tcggagctgg taaaaagagg cctaaccctt gtcttttagat ttacagtcca atgcttct
5881 cagccatttt acctcacccc cactgatgtt cgccgaccgt tgactattt ctacaaacca
5941 caaagacatt ggaacactat acctattt cggcgcattt gctggagttcc taggcacagc
6001 tctaaggctc cttattcgag ccgagctggg ccagccaggc aaccttcttag gtaacgacca
6061 catctacaac gttatcgta cagccatgc atttgtaata atcttcttca tagtaataacc
6121 catcataatc ggaggcttt gcaactgact agttccctta ataatcggtg ccccgatata
6181 ggcgttccc cgcataaaca acataagctt ctgactctt cctccctctc tcctactcct
6241 gctcgcatct gctatagtgg aggccggagc aggaacaggt tgaacagtct accctccctt
6301 agcaggaaac tactccacc ctggagcctc cgtagaccta accatctt ccttacaccc
6361 agcagggtgc tcctctatct tagggccat caatttcatc acaacaatta tcaatataaa
6421 accccctgccc ataacccaaat accaaacgc cctcttcgtc tgatccgtcc taatcacagc
6481 agtctactt ctcctatctc tcccagtctt agtgcgtgg atcactatac tactaacaga
6541 ccgcacccctc aacaccaccc tcttcgaccc cgccggagga ggagacccca ttctatacca
6601 acacctattc tgattttcg gtcaccctga agtttatatt cttatctac caggcttcgg
6661 aataatctcc catattgtaa cttactactc cggaaaaaaaaaa gaaccattt gatacatagg
6721 tatggctga gctatgatata caattggctt ccttagggttt atcgtgttag cacaccatata
6781 atttacagta ggaatagacg tagacacacg agcatattt acctccgcta ccataatcat
6841 cgctatcccc accggcgtca aagtatttag ctgactcgcc acactccacg gaagcaatata
6901 gaaatgatct gctgcagtgc tctgaggccct aggattcatc ttcttttca ccgtagggtgg
6961 cctgactggc attgtatttag caaactcatc actagacatc gtactacacg acacgtacta
7021 cggttagcc cacttccact atgtcctatc aataggagct gtatttgcca tcataggagg
7081 ctccattcac tgattttccc tattctcagg ctacaccctt gaccaaccc acgcacccaaat
7141 ccatttcact atcatattca tcggcgtaaa tctaactttc ttcccacaac actttctcgg
7201 cctatccgga atgccccgac gttactcggg acctccgat gcatacacca catgaaacat
7261 cctatcatct gtaggctcat tcatttctt aacagcagta atattaataa ttttcatgtat
7321 ttgagaagcc ttgcgttgcg agcggaaatg cctaatacgta gaagaaccct ccataaaccc

7381 ggagtgacta tatggatgcc ccccacccctt ccacacattc gaagaacctt tatacataaa
7441 atctagacaa aaaaggaagg aatcgaaacc cccaaagctg gttcaagcc aaccccatgg
7501 cctccatgac ttttcaaaa aggtattaga aaaaccattt cataacttt tc当地
7561 attataggct aaatcctata tatcttaatg gcacatgcag cgcaagtagg tctacaagac
7621 gctacttccc ctatcataga agagcttac acctttcatg atcacgcct cataatcatt
7681 ttccttatct gcttcctagt cctgtatgcc ctttcctaa cactcacaac aaaactaact
7741 aatactaaca tctcagacgc tcagggaaata gaaaccgtct gaactatcct gccgcctc
7801 atcctagttcc tcatgcctt cccatccctt cgcattttt acataacaga cgaggtcaac
7861 gatccctccc ttaccatcaa atcaattggc caccatggt actgaaccta cgagtagcacc
7921 gactacggcg gactaatctt caactccctt atacttcccc cattattcct agaaccaggc
7981 gacctgcgac tccttgacgt tgacaatcga gtatgtactcc cgattgaagc ccccatcg
8041 ataataatta catcacaaga cgtcttgcac tcatgagctg tccccacatt aggcttaaaa
8101 acagatgcaa ttccggacg tctaaaccctt accacttca ccgctacacg accgggggta
8161 tactacggtc aatgctctga aatctgttga gcaaaccaca gttcatgcc catcgctc
8221 gaattaattt ccctaaaaat ctttgaataa gggccctat ttaccctata gcaaaaaatc
8281 tacccctctt agagcccact gtaaagctt cttagcatta accttttaag ttaaagatta
8341 agagaaccaa cacctcttta cagtgaaatg ccccaactaa atactaccgt atggcccacc
8401 ataattaccc ccatactcct tacactattt ctcattcaccc aactaaaaat attaaacaca
8461 aactaccacc tacccctc accaaagccc ataaaaataa aaaattataa caaacccctg
8521 gaacaaaaat gaacgaaaat ctgttcgctt cattcattgc ccccacaatc ctaggcctac
8581 ccgcccagt actgatcatt ctatccccc ctctattgtat ccccacctcc aaatatctca
8641 tcaacaaccg actaattcacc acccaacaat gactaatcaa actaacctca aaacaaatga
8701 taaccataca caacactaaa ggacgaacctt gatctttat actagtatcc ttaatcatt
8761 ttattgcccc aactaacctt ctcggactcc tgccctactt attacacca accacccaa
8821 tatctataaa ccttagccatg gccatccctt tatgagcggg cgcatgtattt ataggcttc
8881 gctctaagat taaaaatgcc ctatcccact tcttaccaca aggcacaccc acacccctt
8941 tccccataact agtttattttt gaaaccatca gcctactcat tcaaccaata gcccggcc
9001 tacgccttaac cgctaaccattt actgcaggcc accactcat gcacctaatt ggaagcgcca
9061 ccctagcaat atcaaccattt aaccccttctt ctacactttt catcttcaca attctaattt
9121 tactgactat ccttagaaatc gctgtcgctt taatccaaactt ctacgtttt acacttctag
9181 taaggctcta cctgcacgac aacacataat gaccaccaa tcacatgcct atcatatagt
9241 aaaaccccagc ccatgacccc taacaggggc cctctcagcc ctcctaata gcaaaaaatc
9301 agccatgtga ttccacttcc actccataac gctcctcata ctaggcctac taaccaacac
9361 actaaccata taccaatgat ggcgcgtat aacacgagaa agcacatacc aaggccacca
9421 cacaccaccc gtccaaaaag gccttcgata cgggataatc ctatccat cctcagaagt
9481 ttcccttc gcaggatttt tctgagcctt ttaccactcc agcctagccc ctacccccc
9541 attaggaggg cactggcccc caacaggcat caccggctt aatcccttag aagtccact
9601 cctaaacaca tccgtattac tcgcattcagg agtataatc acctgagctc acatagtc
9661 aatagaaaaac aaccgaaacc aaataattca agcactgctt attacaattt tactgggtct
9721 ctatccatc ctcctacaag cctcagatgat cttcgactt cccttcacca ttccgcacgg
9781 catctacggc tcaacatttt ttgtagccac aggttccac ggacttcacg tattattgg
9841 ctcaactttc ctcactatct gcttcatccg ccaactataa ttcaacttta catccaaaca
9901 tcactttggc ttcaagccg ccgcctgata ctggcattttt gtagatgtgg ttgactatt
9961 tctgtatgtc tccatctattt gatgagggtc ttactctttt agtataataa gtaccgtt
10021 cttccaatta actagtttg acaacatca aaaaagatgta ataaacttcg ccttaatttt
10081 aataatcaac acccccttag ccttactact aataattttt acatccatc taccacaact
10141 caacggctac atagaaaaat ccacccctt ccacgtgcgc ttgcaccctt tattttcc
10201 ccgcgtccct ttctccatataa aattcttctt agtagctattt accttcttattt tatttgc
10261 agaaattgcc ctccttttac cccttaccatg agccctacaa acaactaacc tgccactaat
10321 agttatgtca tccctctttaatcatcat ccttagccctt agtctggct atgatgtact
10381 acaaaaagga tttagactgaa ccgaattggt atatgttta aacaaaacga atgatttcg
10441 ctcattaaat tatgataatc atatttacca aatgcccctt attacataaa attattataact
10501 agcatttacc atctcacttc taggaatact agtataatcgc tcacacccctt tattttcc
10561 actatgccttta gaaggaataa tactatcgct gttcattttt gctacttc taccaccc
10621 caccctactcc ctcttagccca atattgtgcc tatttgcata ctgttccggcc
10681 agcagcgggtg ggcttagccc tacttagtctt aatctccaa acatatggcc tagactacgt
10741 acataaccta aacctactcc aatgctaaaaa ctaatcgtcc caacaattt attactacca
10801 ctgacatgac ttccaaaaaa acacataatt tgaatcaaca caaccacccca cgccttatt
10861 attagcatca tccctctactt attttttaac caaatcaaca acaacccattt tagctgttcc
10921 ccaacctttt cctccgaccc ccttacaaacc cccctccctt tactaactac ctgactcc
10981 cccctcacaat tcatggcaag ccaacggccac ttatccagtg aaccactatc agaaaaaaa
11041 ctctacctt ctatactataat cttccatataa atctccctttaat tataacattt caccagcc
11101 gaactaatca tattttatataat cttttcgaa accacactta tccccacccctt ggctatcatc
11161 acccqatqag qcaaccqacc aqaaacqctt aqaccqaggca cataacttcctt attctacacc

11221 ctagtaggct cccttcccct actcatcgca ctaattaca ctcacaacac cctaggctca
 11281 ctaaacattc tactactcac tctcaactgcc caagaactat caaactcctg agccaacaac
 11341 ttaatatgac tagcttacac aatagcttt atagtaaaga tacctctta cggaactccac
 11401 ttatgactcc ctaaaggcca tgcgaagcc cccatcgctg ggtcaatagt acttgccgca
 11461 gtactcttaa aactaggcgg ctatggata atacgcctca cactcattct caacccctg
 11521 acaaaaacaca tagcctaccc cttcctgtta ctatccctat gaggcataat tataacaagc
 11581 tccatctgcc tacgacaaaac agacctaaaa tcgctcattg catactctt aatcagccac
 11641 atagccctcg tagtaacagc cattctcatc caaaccctt gaagcttcac cggcgcagtc
 11701 attctcataa tcgcccacgg gcttacatcc tcattactat tctgccttagc aaactcaaac
 11761 tacgaacgca ctcacagtgc catcataatc ctctctcaag gacttcaaac tctactccca
 11821 ctaatagctt tttatgtact tctagcaagc ctcgctaacc tcgccttacc ccccaactatt
 11881 aacctactgg gagaactctc tgcgttagt accacgttct cctgatcaaa tatcactctc
 11941 ctacttacag gactcaacat acttagtcaca gccctatact ccctctacat atttaccaca
 12001 acacaatggg gctcaactcac ccaccacatt aacaacataa aacccttatt cacacgagaa
 12061 aacaccctca tggtcataca cctatcccc attctctcc tatccctcaa ccccgacatc
 12121 attaccgggt tttcctctt taaatatagt ttaacccaaa catcagattt tgaatctgac
 12181 aacagaggct tacgaccctt tatttaccga gaaagctcac aagaactgt aactcatgcc
 12241 cccatgtcta acaacatggc tttctcaact tttaaaggat aacagctatc cattggctt
 12301 aggccccaaa aattttgggt caactccaaa taaaagtaat aaccatgcac actactataa
 12361 ccacccttaac cctgacttcc ctaattcccc ccattcttac caccctcggt aacccttaaca
 12421 aaaaaaactc ataccccat tatgtaaaat ccattgtcgc atccacctt attatcagtc
 12481 tcttccccac aacaatattc atgtgcctag accaagaagt tattatctcg aactgacact
 12541 gagccacaac ccaaacaacc cagctctccc taagttcaa actagactac ttctccataa
 12601 tattcatccc tgcgttagt ttcgttacat ggtccatcat agaattctca ctgtgatata
 12661 taaactcaga cccaaacatt aatcagttct tcaaataatct actcatcttc ctaattacca
 12721 tactaatctt agttaccgct aacaacctat tccaactgtt catcgctga gagggcgtag
 12781 gaattatatac cttcttgctc atcagttgtat gatacggcc agcagatgcc aacacagcag
 12841 ccattcaagc aatcctatac aaccgtatcg gcgatatcg tttcatcttc gccttagcat
 12901 gatttatctt acactccaaac tcatgagacc cacaacaaat agcccttcta aacgtaatc
 12961 caaggctcac cccactacta ggctccctcc tagcagcgc aggcaaatca gcccatttag
 13021 gtctccaccc ctgactcccc tcagccatag aaggccccac cccagtctca gcccacttcc
 13081 actcaaggcac tatagttgta gcaggaatct tcttactcat ccgcttccac cccctagcag
 13141 aaaatagccc actaatccaa actctaacac tatgctttagg cgctatcacc actctgttcg
 13201 cagcagtctg cggcccttaca caaaatgaca tcaaaaaat cgtagcttcc tccacttcaa
 13261 gtcaacttagg actcataata gttacaatcg gcatcaacca accacaccta gcattctgc
 13321 acatctgtac ccacgccttc ttcaaagcca tactatttt gtgctccggg tccatcatcc
 13381 acaaccttaa caatgaacaa gatattcgaa aaataggagg actactcaaa accataccctc
 13441 tcacttcaac ctccctcacc attggcagcc tagcattagc aggaataacct ttccctcacag
 13501 gtttctactc caaagaccac atcatcgaaa ccgcaaaatc atcatacaca aacgctgag
 13561 ccctatctat tactctcatc gctacctccc tgacaagcgc ctatagcaact cgaataattc
 13621 ttctcaccctt aacaggtcaa cctcgcttcc ccacccttac taacattaaac gaaaataacc
 13681 ccaccctact aaacccctt aaacgcctgg cagccgaaag cctattcgca ggatttctca
 13741 ttactaacaa catttccccc gcatccccct tccaaacaaac aatccccctc tacctaaaac
 13801 tcacagccct cgctgtcact ttcttaggac ttctaacagc cctagaccc aactacctaa
 13861 ccaacaaaact taaaataaaa tccccactat gcacattta ttctccaac atactcgat
 13921 tctacccttag catcacacac cgccacaatcc cctatctagg ccttcttac agccaaaacc
 13981 tgcccctact cctccttagac ctaacctgac tagaaaagct attacctaaa acaatttac
 14041 agcaccaat ctccaccccttcc atcatcacct caacccaaaa aggccataatt aaactttact
 14101 tcctctcttt ttcttcccc ctcatacttccaa ccctactccct aatcacataa cctattcccc
 14161 cgagcaatct caattacaat atatacacca acaaacaatg ttcaaccagt aactactact
 14221 aatcaacgccc cataatcata caaagcccccc gcaccaatag gatcctcccg aatcaaccct
 14281 gaccctctc cttctataat tattcagctt cctacactat taaagttac cacaaccacc
 14341 accccatcat actctttcac ccacagcacc aatcctacct ccatcgctaa ccccaactaaa
 14401 acactcacca agacctcaac ccctgacccc catgcctcag gatactccctc aatagccatc
 14461 gctgttagtat atccaaagac aaccatcatt cccccctaaat aaattaaaaa aactattaaa
 14521 cccatataac ctccccccaaa attcagaata ataacacacc cggaccacacc gctacaatc
 14581 aatactaaac ccccataaaat aggagaaggc tttagaagaaa accccacaaa ccccaattact
 14641 aaacccacac tcaacagaaa caaagcatac atcattattc tcgcacggac tacaaccacg
 14701 accaatgata taaaaacca tcgttgtatt tcaactacaa gaacaccaat gaccccaata
 14761 cgccaaaacta acccccttaat aaaattaatt aaccactcat tcatcgaccc ccccaacc
 14821 tccaacatct ccgcgtatg aaacttcggc tcactcttgc ggcctgcct gatccctcaa
 14881 atcaccacag gactattccctt accatgcac tactcaccag acgcctcaac cgcctttca
 14941 tcaatcgccc acatcactcg agacgtaaat tatggctgaa tcatccgcta cttcacgccc
 15001 aatggcgctt caatattctt tatctgcctc ttcctacaca tcggcgagg cctatattac

15061 ggatcatttc tctactcaga aacctaacc atcggcatta tcctcctgct tgcaactata
15121 gcaacagcct tcataggcta tgtcctcccg tgagggccaaa tatcattctg aggggccaca
15181 gtaattacaa acttactatc cgccatccca tacattggga cagacctagt tcaatgaatc
15241 tgaggaggct actcagtaga cagtcccacc ctcacacgat tctttacctt tcacttcatc
15301 ttgccttca ttattgcagc cctagcagca ctccacctcc tattcttgca cgaaacggga
15361 tcaaacaacc cccttaggaat cacctcccat tccgataaaaa tcaccttcca cccttactac
15421 acaatcaaag acgcctcggt cttacttctc ttcccttctct ccttaatgac attaacacta
15481 ttctcaccag acctccttagg cgaccagac aattataccc tagccaaccc cttaaacacc
15541 cctccccaca tcaagcccga atgatatttc ctattcgct acacaattct ccgatccgtc
15601 cctaacaac taggaggcgt ccttgcctta ttactatcca tcctcatcct agcaataatc
15661 cccatcctcc atatatccaa acaacaaagc ataataatttc gcccactaag ccaatcactt
15721 tattgactcc tagccgcaga cctccttatt ctaacctgaa tcggaggaca accagtaagc
15781 tacccttta ccatcattgg acaagtagca tccgtactat acttcacaac aatctaattc
15841 ctaataccaa ctatccctt aattgaaaac aaaatactca aatgggcctg tcctttagt
15901 ataaactaat acaccagtct tgtaaaccgg agatgaaaac cttttccaa ggacaaatca
15961 gagaaaaagt cttaactcc accattagca cccaaagcta agattctaatt ttaaactatt
16021 ctctgttctt tcatggggaa gcagattgg gtaccaccca agtattgact caccatcaa
16081 caaccgctat gtatttcgta cattactgcc agtcaccatg aatattgtac ggtaccataa
16141 atacttgacc acctgttagta cataaaaacc caatccacat caaaacccccc tccccatgct
16201 tacaagcaag tacagcaatc aaccctcaac tatkacacat caactgcaac tccaaagcca
16261 cccctcaccc actaggatac caacaaaccc acccaccctt aacagtacat agtacataaa
16321 gccatttacc gtacatagca cattacagtc aaatccctcc tcgtcccccattt ggtgaccc
16381 cctcagatag gggtcccttg accaccatcc tccgtgaaat caatatcccg cacaagagtg
16441 ctactctctt cgctccgggc ccataaacact tgggggttagc taaagtgaac tggatccgac
16501 atctggttcc tacttcaggg ccataaagcc taaatagccc acacgttccc cttaaataag
16561 acatcacat g

Полная последовательность митохондриального генома правнучки великой княгини Ксении Александровны (сестры Николая II)

1 gatcacaggt ctatcaccctt attaaccact cacgggagct ctccatgcatttt
61 cgtctgggggt gtgtgcacgc gatagcattt cgagacgctg gagccggagc accctatgtc
121 gcagtatctg tctttgattt ctgcctcatc ctattattta tcgcacctac gttcaatattt
181 acaggcgaac atacttacta aagtgttta attaattaat gcttgttagga cataataata
241 acaattgaat gtctgcacag ccgccttcca cacagacatc ataacaaaaaa atttccacca
301 aacccccctt ccccccgctt ctggccacag cacttaaaca catctctgcc aaaccccaa
361 aacaaagaac cctaacaacca gcctaaccag atttcaaattt ttatcttttgcggtatgca
421 cttaaacag tcaccccccacta actaacacat tattttccccccc tccactccc atactactaa
481 tctcatcaat acaaccccg cccatcctac ccagcacaca cacaccgctg ctaaccccat
541 accccgaacc aaccaaacc caaagacacc ccccacagtt tatgttagctt acctcctcaa
601 agcaatacac tgaaaatgtt tagacgggct cacatcaccc cataaacaaaa taggtttgg
661 cctagcctt ctattagctc ttagtaagat tacacatgca agcatccccca ttccagttag
721 ttcaccctctt aaatcaccac gatcaaaagg gacaagcatc aagcacgcag caatgcagct
781 caaaacgctt agcctagcca caccggccacgg gaaacagca gtgattaacc ttttagcaata
841 aacgaaagtt taactaagct atactaacc caggggttggt caatttcgtg ccagccacc
901 cggtcacacg attaacccaa gtcaatagaa gccggcgtaa agagtgtttt agatcacc
961 ctccccaata aagctaaaac tcacctgagt tgtaaaaaac tccagttgac aaaaaataga
1021 ctacgaaagt ggcttaaca tatctgaaca cacaatagct aagacccaaa ctgggatttag
1081 atacccact atgcttagcc ctaaacctca acagttaaat caacaaaact gctcgccaga
1141 acactacgag ccacagctt aaactcaaag gacctggcg tgcttcataat ccctctagag
1201 gagcctgttc tgtaatcgat aaaccccgat caacccatcacc acctcttgct cagcttat
1261 accgcccatttc tcagcaaacc ctgatgaagg ctacaaagta agcgaagta cccacgtaaa
1321 gacgttaggt caaggtgttag cccatgaggt ggcaagaaat gggctacatt ttctacccca
1381 gaaaactacg atagccctta tgaaaacttaa gggtcgaagg tggattttagc agtaaactga
1441 gagtagagtg cttagttgaa cagggccctg aagcgcgtac acaccgcgg tcaccctcct
1501 caagtataact tcaaaggaca ttttaactaaa acccctacgc atttatataag aggagacaag
1561 tcgtaacatg gtaagtgtac tggaaagtgc acttggacga accagagtgt agcttaacac
1621 aaagcaccca acttacactt aggagatttc aacttaactt gaccgctctg agctaaac
1681 agccccaac ccactccacc ttactaccag acaacccttag ccaaaccatt tacccaaata
1741 aagtataggc gatagaaattt gaaacctggc gcaatagata tagtaccgca agggaaagat
1801 gaaaaattat aaccaagcat aatatacgaa ggactaacc cttgtacccctc tgcataatga
1861 attaactaga aataactttt caaggagaac caaagcttaaag acccccgaaa ccagacgagc
1921 tacctaagaa cagctaaaag agcacaccccg tctatgtac aaaatagtgg gaagatttat
1981 aggttagagggc gacaaaccta ccgagcctgg tgatagctgg ttgtccaaga tagaatctt
2041 gttcaactttt aaatttggccc acagaaccctt ctaaatccccctt ttgttaaattt aactgttagt
2101 ccaaagagga acagctctt ggacactagg aaaaaacctt gttagagagag taaaaaattt
2161 aacaccata gtaggcctaa aagcagccac caattaagaa agcgttcaag ctcaacaccc
2221 actacctaaa aaatcccaa catataactg aactccctcac acccaattgg accaatctat
2281 caccctatag aagaactaat gtttagtataa gtaacatgaa aacattctcc tccgcataa
2341 cctgcgttag attaaaacac tgaactgaca attaacagcc caatatctac aatcaaccc
2401 caagtcattt ttaccctcac tgcataacccca acacaggcat gctcataagg aaaggtaaaa
2461 aaaagtaaaa ggaactcggc aaatcttacc ccgcctgtttt accaaaaaaca tcacccttag
2521 catcaccagt attagaggca ccgcctgccc agtgcacat gtttaacggc cgccgtaccc
2581 taaccgtgca aaggttagcat aatcacttgt tccttaataa gggacctgtt tgaatggctc
2641 cacgagggtt cagctgtctc ttacttttaa ccagtggaaat tgacctgccc gtgaagaggc
2701 gggcatgaca cagcaagacg agaagaccctt atggagctttt aatttattaa tgcaaac
2761 acctaacaaa cccacaggc tcaaactacc aaacctgcat taaaaatttgc ggttggggcg
2821 acctcgagc agaacccaaac ctccgagcag cacatgctaa gacttcacca gtcaaaagcga
2881 actactatac tcaattgtatc caataacttgc accaacggaa caagttaccc tagggataac
2941 agcgcaatcc tattcttagat tccatataaa caatagggtt tacgacctcg atgttggatc
3001 aggacatccc gatgggtcag ccgcattaa aggttcgtttt gttcaacat taaagtcc
3061 cgtgatctga gttcagaccg gagtaatcca ggtcggtttc tatctacttcc aaattcc
3121 ctgtacgaaa ggacaagaga aataaggcctt acttcacaaa ggcgccttccc ccgtaaatga
3181 tatcatctca acttagtattt atacccacac ccacccaaaga acagggtttt ttaagatggc
3241 agagcccggtt aatcgcataa aacttaaaac ttacagtca gaggttcaat tcctcttctt
3301 aacaacatac ccatggccaa cctcctactc ctcattgtac ccattctaat cgcaatggca
3361 ttccataatgc ttaccgaacg aaaaattcttgc ggttatatac aactacgcaaa aggccccaa
3421 gttgttaggccc cctacgggctt actacaaccc ttgcgtgacg ccataaaaactt cttcacca
3481 gagccctaa aacccggccac atctaccatc accctctaca tcaaccggccc gaccttagct
3541 ctcaccatcg ctcttctact atgaacccccc ctcccccatac ccaacccccc ggtcaaccc

3601 aacctaggcc tcctatttat tctagccacc tctagcctag cggttactc aatccctga
 3661 tcagggtag catcaaactc aaactacgcc ctgatcgcc cactgcgagc agtagccaa
 3721 acaatctcat atgaagtac cctagccatc attctactat caacattact aataagtggc
 3781 tccttaacc tctccaccc tatcacaaca caagaacacc tctgattact cctgcccata
 3841 tgacccttg ccataatatg atttatctcc acactagcag agaccaaccc aacccttc
 3901 gacctgccc aaggggagtc cgaactagtc tcaggctca acatcgaata cgccgcaggc
 3961 cccttcgccc tattctcat agccgaatac acaaacatta ttataataaa caccctcacc
 4021 actacaatct tccttaggaac aacatatgac gcactctcc ctgaactcta cacaacat
 4081 tttgtcacca agaccctact tctaaccctc ctgttctt gaattcgaac agcatacccc
 4141 cgattccgct acgaccaact catacaccc ctagaaaaaa acttcctacc actcacccta
 4201 gcattactta tatgacatgt ctccatacc attacaatct ccagcattcc ccctcaaacc
 4261 taagaaatat gtctgataaaa agagttactt tgatagagta aataatagga gcttaaacc
 4321 ccttatttct aggactatga gaatcgaacc catccctgag aatccaaat tctccgtgc
 4381 acctatcaca ccccatccta aagtaaggc agctaaataa gctatcggc ccataccccc
 4441 aaaatgttgg ttataccctt cccgtactaa ttaatcccct gccccaaacc gtcatctact
 4501 ctaccatctt tgcaggcaca ctcatacag cgtcaagctc gcactgattt ttacactgag
 4561 taggcctaga aataaacatg ctagtttta ttccagttt aaccaaaaaa ataaaccctc
 4621 gttccacaga agctgccatc aagtatttcc tcacgcaagc aaccgcattcc ataatcc
 4681 taatagctat ccttcaac aatatactct ccggacaatg aaccataacc aataactacca
 4741 atcaatactc atcattaata atcataatgg ctatagcaat aaaacttagga atagcccc
 4801 ttcacttctg agtcccagag gttacccaag gcaccctct gacatccggc ctgcttctc
 4861 tcacatgaca aaaactagcc cccatctaa tcatataccaa aatctctcc tcactagacg
 4921 taagccttct ctcactctc tcaatctt ccatacatgc aggagttt ggtggattaa
 4981 accaaaccca gctacgaaaa atcttagcat actcctcaat taccacata ggatgaataa
 5041 tagcagtttcc accgtacaac cctaacataa ccattctta tttaactatt tatattatcc
 5101 taactactac cgcattcata ctactcaact taaactccag caccacgacc ctactactat
 5161 ctcgcacctg aaacaagcta acatgactaa cacccttaat tccatccacc ctcctctcc
 5221 taggaggcct gccccggctt accggcttt tgcccaaattt ggccattttt gagaattca
 5281 caaaaaacaa tagcctcatc atccccacca tcatagccac cataccctc cttAACCTCT
 5341 acttctaccc acgcctaact tactccaccc caatcacact actcccccata tctaacaacg
 5401 taaaaataaa atgacagttt gaacatacaa aacccacccc attcctcccc acactcatcg
 5461 cccttaccac gctactccta cctatctccc cttttataact aataatctt tagaaattta
 5521 ggttaataac agaccaagag ccttcaaaagc cctcagtaag ttgcaatact taattctgt
 5581 aacagctaag gactgcaaaa ccccactctg catcaactga acgcaaatca gccactttaa
 5641 ttaagctaag cccttacttag accaatgggaa cttaaaccctt caaacactt gtaaacagct
 5701 aagcaccctt atcaactggc ttcaatctac ttctccggc gccggggaaa aaggcgggag
 5761 aagccccggc aggttgaag ctgcttcttca gaatttgcatttcaatatga aaatcacctc
 5821 ggagctggta aaaagaggcc taacccctgt cttagattt acagtccaaat gcttcactca
 5881 gccattttac ctcaccccca ctgatgttcg ccgaccgtt actattcttcc acaaaccaca
 5941 aagacattgg aacactatac ctattattcg ggcgcattttt gggaggcattttt ggcacagctc
 6001 taagccttct tattcgagcc gagctggcc agccaggcaa cttcttaggt aacgaccaca
 6061 tctacaacgt tattcgatcaca gcccatttttccat ttgtataataat cttcttccata gtaatacc
 6121 tcataatcg aggctttggc aactgacttag ttcccttaat aatcggtgcc cccgatattgg
 6181 cgttcccccgtt catabacaaatac ataaagtttccactt gactcttacc tccctctcc ctactc
 6241 tcgcattctgc tatagtagag gcccggccatc gacatgttccatc cctccctttag
 6301 cagggacta ctccacccctt ggagcctccg tagacccatc catcttctcc ttacaccc
 6361 caggtgtctc ctctatctta gggccatca atttcatcac aacaattatc aatataaaac
 6421 cccctggccat aacccatatac caaacgcccc tttcgatcttccatc atccgttccatc atcacagc
 6481 tcctacttctt cctatctcc ccgttccatc ctgatgttccatc cactataacta ctaacagacc
 6541 gcaacctcaa caccacccctt ttccggccatc ccggaggagg agacccattt ccatacc
 6601 acctattctg attttcggt cacccttgcag tttatatttttccatc ttttttccatc ggcttcc
 6661 taatctccca tattgttaact tactactccg gaaaaaaaaga accatggaa tacataggt
 6721 tggcttgatc tatgatatac attggcttcc tagggttttagt cgtgttgatc caccatata
 6781 ttacagtagg aatagacgtt gacacacccatc catatttccatc ctccgttccatc ataatcatcg
 6841 ctatccccac cggcgatccaa gtatgttccatc gactcgccatc actccacccatc agcaatatt
 6901 aatgatctgc tgcgttccatc tgatgttccatc gattcatctt ttttttccatc gtaggtggcc
 6961 tgactggcat tgtttagtca aactcatcac tagacccatc catatccatc actacacccatc acgtt
 7021 tcgttagctca cttccactat gtccttatcaat taggatgttccatc atttccatc ataggaggct
 7081 tcatttactg atttcccttccatc ttctcaggcttccatc acacccttgcatc cccaaacccatc
 7141 atttccatc catatttccatc ggcgttccatc taactttccatc cccacaacccatc tttctcc
 7201 tatccggat gccccggatcgt tactccggacttccatc accccatc catatccatc tgaaacatcc
 7261 tatcatctgttccatc aggttccatc atttcccttgcatc cggcgatccatc ataatataatt
 7321 gagaaggcctt cgcttccatc agaaaaaggccatc taatgttccatc agaaccctcc ataaaccc
 7381 agtactatac tggatggccatc ccacccttgcatc acacatttgcatc agaacccttgcatc tacataaaat

7441 ctagacaaaa aaggaaggaa tcgaacccccc caaagctggt ttcaagccaa ccccatggcc
 7501 tccatgactt tttcaaaaag gtattagaaa aaccatttc taactttgtc aaagttaaat
 7561 tataggctaa atccttatata tcttaatggc acatgcagcg caagtaggtc tacaagacgc
 7621 tacttcccct atcatagaag agcttacatc ctttcatgt caccgcctca taatcatttt
 7681 ccttatctgc ttccctgtcc tgtatgccct tttcctaaca ctcacaacaa aactaactaa
 7741 tactaacatc tcagacgctc aggaaataga aaccgtctga actatcctgc ccgcacatcat
 7801 ccttagtcctc atcgccctcc catccctacg catccttac ataacagacg aggtcaacga
 7861 tccctccctt accatcaa at caattggcca ccaatggtag tgaacctacg agtacaccga
 7921 ctacggcgga ctaatctca actcctacat acttccccca ttattcctag aaccaggcga
 7981 cctgcgactc ttgacggtt acaatcgagt agtactcccg attgaagccc ccattcgat
 8041 aataattaca tcacaagacg tcttgactc atgagctgtc cccacattag gcttaaaaac
 8101 agatgcaatt cccggacgtc taaacccaaac cactttcacc gctacacgac cgggggtata
 8161 ctacggtcaa tgctctgaaa tctgtggagc aaaccacagt ttcatgccc tcgtcctaga
 8221 attaattccc ctaaaaatct ttgaaatagg gcccgtatcc accctatagc accccctcta
 8281 cccctctag agcccactgt aaagctaact tagcattaac ctttaagtt aaagattaag
 8341 agaaccaaca cctcttaca gtgaaatgcc ccaactaaat actaccgtat ggcccaccat
 8401 aattaccccc atactcctta cactattcct catcacccaa ctaaaaatata taaacacaaa
 8461 ctaccaccta cctccctcac caaagcccat aaaaataaaa aattataaca aaccctgaga
 8521 accaaaatga acgaaaatct gttcgcttca ttcattgccc ccacaatcct aggccctaccc
 8581 gccgcgtac tgatcattct atttccccctt ctttgcattcc ccacctccaa atatctcatc
 8641 aacaaccgac taatcaccac ccaacaatga ctaatcaa ac taacctcaaa acaaataata
 8701 accatacaca acactaaagg acgaacctga tctcttatac tagtattcctt aatcattttt
 8761 attgccacaa ctaacctcctt cgactcctg cctcactcat ttacaccaac caccacacta
 8821 tctataaacc tagccatggc catccctta tgagcggcg cagtgattat aggcttcgc
 8881 tctaagatta aaaatgccct agcccacttc ttaccacaaag gcacacctac acccccttac
 8941 cccatactag ttattatcga aaccatcagc ctactcattt aaccaatagc cctggccgt
 9001 cgcctaaccg ctaacattac tgaggccac ctactcatgc acctaattgg aagcgccacc
 9061 ctagcaatat caaccattaa cttccctctt acacttatac ttttccataat tctaattcta
 9121 ctgactatcc tagaaatcgc tgacgcctta atccaaagcct acgttttac acttttagta
 9181 agcctctacc tgacgcacaa cacataatga cccaccaatc acatgcctat catatagtaa
 9241 aaccacggcc atgaccctta acaggggccc tctcagccct ctaatgacc tccggcctag
 9301 ccattgtgatt tcacttccac tccataacgc tcctcataact aggctacta accaacacac
 9361 taaccatata ccaatgatgg cgcgtatgaa cacgagaaag cacataacaa ggccaccaca
 9421 caccacctgt ccaaaaaggc cttcgatcagc ggataatcct atttattacc tcagaagttt
 9481 ttttctcgc aggattttc tgacgcctt accactccag cctagccctt acccccaat
 9541 taggagggca ctggccccc acaggcatca ccccgtaaa tcccttagaa gtccactcc
 9601 taaacacatc cgtattactc gcatcaggag tatcaatcac ctgagctcac catagtctaa
 9661 tagaaaaacaa cggaaaccaa ataattcaag cactgcttatac tacaattttt ctgggtctct
 9721 attttaccct cctacaagcc tcagactact tcgagctctt cttcaccatt tccgacggca
 9781 tctacggctc aacattttt gtagccacag gcttccacgg acttcacgtc attattggct
 9841 caactttcct cactatcgc ttcatccgccc aactaatatt tcacttatac tccaaacatc
 9901 actttggctt cgaagccgccc gctgataact ggcattttgt agatgtgggt tgactattt
 9961 tgtatgtctc catctattga tgagggtctt actcttttag tataaatagt accgttaact
 10021 tccaattaac tagtttgac aacattcaaa aaagagtaat aaacttcgccc ttaattttaa
 10081 taatcaacac cctccttagcc ttactactaa taatttattac attttgacta ccacaactca
 10141 acggctacat agaaaaatcc accccttacg agtgcggctt cgaccctata tccccccccc
 10201 gcgtcccttt ctccataaaaa ttcttcttag tagtattac cttcttattt tttgatctag
 10261 aaattggccct ctttttaccc ctaccatgag ccctacaaac aactaacctg ccactaatag
 10321 ttatgtcattc cctcttattt atcatcatcc tagccctaa tctggccat ggtgactac
 10381 aaaaaggatt agactgaacc gaattggat atagttaaa caaaacgaat gatttcgact
 10441 cattaaatata tgataatcat atctaccaaa tgccctcat ttacataaat attataactag
 10501 catttacccat ctcacttcta ggaataactag tatatcgctc acacctata tcctccctac
 10561 tatgcctaga aggaataata ctatcgctgt tcatttatac tactctata accctcaaca
 10621 cccactccctt cttagccaaat attgtgcctt ttgcctact agtctttgcc gcctgcgaag
 10681 cagcggtggg cctagccctt ctagtctcaaa tctccaacac atatggccta gactacgtac
 10741 ataacccatc cctactccaa tgctaaaact aatcgccca acaatttat tactaccact
 10801 gacatgactt tccaaaaaac acataatttg aatcaacaca accacccaca gcctaatttat
 10861 tagcatcatc cctctactat ttttaacca aatcaacaca aacctatttt gctgttcccc
 10921 aacccccc tccgacccccc taacaacccc cctcctaata ctaactaccc gactcctacc
 10981 cctcacaatc atggcaagcc aacgcccactt atccagtgaa ccactatcac gaaaaaaaaact
 11041 ctacctctct atactaatct ccctacaaat ctccttaattt ataaacattca cagccacaga
 11101 actaatcata ttttatatct tcttcgaaac cacacttatac cccaccccttgg ctatcatcac
 11161 ccgatgaggc aaccagccag aacgcctgaa cgcaggcaca tacttcctat tctacaccct
 11221 agtaggctcc cttccctac tcacatcgact gatttacact cacaacaccc taggctact

11281 aaacattcta ctactcactc tcactgccc agaactatca aactcctgag ccaacaactt
 11341 aatatgacta gtttacacaa tagtttat agtaaagata ccttttacg gactccactt
 11401 atgactccct aaagcccatg tcgaagcccc catcgctggg tcaatagtac ttgcgcgagt
 11461 actctaaaaa ctaggcggct atggtataat acgcctcaca ctcattctca accccctgac
 11521 aaaacacata gcctaccct tccttgtact atccctatga ggcataatta taacaagctc
 11581 catctgccta cgacaaacag acctaaaatc gctcattgca tactcttcaa tcagccacat
 11641 agccctcgta gtaacagcca ttctcatcca aacccctga agcttcaccc gcgcagtc
 11701 tctcataatc gcccacggac ttacatcctc attactattc tgcttagcaa actcaaacta
 11761 cgaacgcact cacagtgcga tcataatcct ctctcaagga cttcaactc tgctcccact
 11821 aatagcttt ttagtgcattc tagcaaggct cgctaaccc gccttacccc ccactattaa
 11881 cctactggga gaactctctg tgcttagtaac cacgttctcc tgatcaaata tcactctc
 11941 acttacagga ctcaacatac tagtcacagc cctatactcc ctctacatata ttaccacaac
 12001 acaatggggc tcactcaccc accacattaa caacataaaa ccctcattca caccgagaaaa
 12061 caccctcatg ttcatcaccc tatccccat tctcctccta tccctcaacc ccgacatcat
 12121 taccgggtt tccttggta aatatagttt aaccaaaaca ttagattgtg aatctgacaa
 12181 cagaggctt cggccctta ttaccgaga aagctcacaa gaactgctaa ctcatgcccc
 12241 catgtctaacc aacatggctt tctcaacttt taaaggataa cagctatcca ttggcttag
 12301 gccccaaaaa ttttggtgca actccaaata aaagtaataa ccatgcacac tactataacc
 12361 accctaaccct tgactccct aattcccccc atccttacca ccctcgtaa ccctaaca
 12421 aaaaactcat acccccttta tgtaaaatcc attgtcgcat ccacctttat tatcgtctc
 12481 ttccccacaa caatattcat gtgcctagac caagaagttt ttatctcgaa ctgacactga
 12541 gccacaaccc aaacaaccc gctctcccta agcttcaaact tagactactt ctccataata
 12601 ttcatccctg tagcattgtt cgatcatgg tccatcatag aattctcact gtgatata
 12661 aactcagacc caaacattaa tcagttcttcc aatatactac tcatcttc aattaccata
 12721 ctaatcttag ttaccgttca caacctatttca caactgttca tcggctgaga gggcgtagga
 12781 attatacct tcttgctcat cagttgtatga tacggccgag cagatgcca cacagcagcc
 12841 attcaagcaa tcctatacaa ccgtatcggt gatatcggt tcatcctcgc cttagcatga
 12901 ttatcctac actccaactc atgagaccca caacaaatag cccttctaaa cgctaattcca
 12961 agcctcaccc cactactagg cctcctcccta gcagcagcag gcaaatcagc ccaatttaggt
 13021 ctccacccct gactccctc agccatagaa ggccccaccc cagtcctcagc cctactcc
 13081 tcaagacta tagttgttagc aggaatcttcc ttactcatcc gcttccaccc cctagcagaa
 13141 aatagccac taatccaaac tctaacacta tgcttaggcg ctatcaccac tctgttcgca
 13201 gcagtctcgcc ccttacaca aaatgacatc aaaaaatcg tagccttc cacttcaagt
 13261 caactaggac tcataatagt tacaatcggt atcaaccaac cacaccttagc attctgcac
 13321 atctgtaccc acgccttctt caaagccata ctatattgt gtcggatc catcatcc
 13381 aacctaaca atgaacaaga tattcgaaaa ataggaggac tactcaaaac cataccttc
 13441 acttcaacct ccctcaccat tggcagccata gcattagcag gaatacctt cctcacaggt
 13501 ttctactcca aagaccacat catcgaaacc gcaaacatata catacacaataa cgcctgagcc
 13561 ctatctatta ctctcatcgc tacctccctg acaagcgct atagcactcg aataattctt
 13621 ctccaccctaa caggtcaacc tgccttcccc acccttacta acattaacga aaataacccc
 13681 accctactaa accccattaa acgcctggca gccggaaagcc tattcgaggc atttctcatt
 13741 actaacaaca ttccccccgc atcccccttc caaacaacaa tccccctcta cctaaaactc
 13801 acagccctcg ctgtcaactt ccttaggactt ctaacagccc tagacctcaa ctacctaacc
 13861 aacaaactta aaataaaatc cccactatgc acatttatt tctccaacat actcgattc
 13921 tacccttagca tcacacaccc cacaatcccc tatcttaggc ttctcagcag cccaaacctg
 13981 cccctactcc tccttagaccc aacctgacta gaaaagctat tacctaaaac aatttcacag
 14041 caccaaatct ccacccctcat catcacccata accccaaaaag gcataattaa actttacttc
 14101 ctctctttct tcttccact catcctaacc ctactcttca tcacataacc tattccccgg
 14161 agcaatctca attacaatatacataccaaac aaacaatgtt caaccaggtaa ctactactaa
 14221 tcaacgcccc tagtcataca aagccccccgc accaatacgaa tcctcccgaa tcaaccctga
 14281 cccctctccct tcataaaattt ttcagcttcc tacacttata aagtttacca caaccacc
 14341 cccatcatac tcttcaccc acagcaccaaa tcctacccatc atcgctaaacc ccactaaaac
 14401 actcaccaccc acctcaaccc ctgacccccc tgcctcaggta tactcctcaa tagccatcgc
 14461 tgttagtatata ccaaagacaa ccatcattcc ccctaaataa attaaaaaaaaa ctattaaacc
 14521 catataacct ccccaaaaat tcagaataat aacacacccg accacaccgc taacaatcaa
 14581 tactaaaccc ccataaaatag gagaaggctt agaagaaaaac cccacaaacc ccattactaa
 14641 acccacactc aacagaaaca aagcatacat cattattctc gcacgggcta caaccacgac
 14701 caatgatatac aaaaaccatc gttgtatcc aactacaaga acaccaatga ccccaatacg
 14761 caaaattaac cccctaataa aattaattaa ccactcattc atcgacccatcc ccacccatc
 14821 caacatctcc gcatgatgaa acttcggctc actccttggc gcctgcctga tcctccaaat
 14881 caccacagga ctattcttag ccatacacta ctcaccagac gcctcaaccc cctttccatc
 14941 aatcgcccc accatctcgag acgtaaattt tggctgaatc atccgctacc ttacaccc
 15001 tggcgccctca atattctta tctgcctt cctacacatc gggcgaggcc tatattacgg
 15061 atcatttctc tactcagaaa cctgaaacat cgccattatc ctcctgctt cactatagc

15121 aacagccttc ataggctatg tcctcccgta aggc当地ata tcattcttag gggccacagt
15181 aattacaaac ttactatccg ccatcccata cattggaca gacctagttc aatgaatctg
15241 aggaggctac tcagtagaca gtcccaccct cacacgattc tttaccttc acttcatctt
15301 gcccttcatt attgcagccc tagcagact ccaccccta ttcttgacg aaacgggatc
15361 aaacaacccc ctaggaatca cctccattc cgataaaaatc accttccacc cttactacac
15421 aatcaaagac gcccctggct tacttctt cattctctcc ttaatgacat taacactatt
15481 ctcaccagac ctcctaggcg acccagacaa ttatacccta gccaacccct taaacacccc
15541 tccccacatc aagccgaat gatatttctt attcgctac acaattctcc gatccgtccc
15601 taacaagcta ggaggcgtcc ttgccctatt actatccatc ctcatcctag caataatccc
15661 catcctccat atatccaaac aacaaagcat aatatttcgc ccactaagcc aatcaactta
15721 ttgactccta gcccgagacc tcctcattct aacctgaatc ggaggacaac cagtaagcta
15781 ccctttacc atcattggac aagtagcatc cgtactatac ttcaacaacaa tcctaattcct
15841 aataccaact atctccctaa ttgaaaacaa aataactcaaa tgggcctgtc cttgttagtat
15901 aaactaatac accagtctt taaaaccgaag atgaaaaacct ttttccaagg acaaatacaga
15961 gaaaaagtct ttaactccac cattagcacc caaagctaa attctaattt aaactattct
16021 ctgttcttc atggggaaagc agatttgggt accacccaag tattgactca cccatcaaca
16081 accgctatgt atttcgatca ttactgccag ccaccatgaa tattgcacgg taccataaat
16141 acttgaccac ctgttagtaca taaaaaccta atccacatca aaacccctc cccatgctta
16201 caagcaagta cagcaatcaa ccctcaacta tcacacatca actgcaactc caaagccacc
16261 cctcacccac taggatacca acaaaccctac ccatcttta cagtagatag tacataaagc
16321 catttaccgt acatagcaca ttacagtcaa atccctctc gtccccatgg atgacccccc
16381 tcagataggg gtcccttgac caccatcctc cgtgaaatca atatcccgca caagagtgt
16441 actctcctcg ctccgggccc ataacacttg gggtagcta aagtgaactg tatccgacat
16501 ctggttccta cttcagggcc ataaagccta aatagccac acgttccct taaataagac
16561 atcacgatg

Список сокращений и пояснений

Заключение по генетическому исследованию предполагаемых останков императора Николая II Романова и членов его семьи

ГВР мтДНК – гипервариабельный регион митохондриальной ДНК

ДИ – доверительный интервал

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

мтДНК – митохондриальная ДНК

мкл – микролитры

п.н. – пары нуклеотидов

пкг - пикограммы

ЭДТА – этилендиаминтетраацетат натрия

3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems) – капиллярный секвенатор – прибор для проведения секвенирования ДНК производства фирмы «Applied Biosystems»

АЕ – буфер для элюции ДНК производства фирмы «Qiagene»

AL – буфер для лизиса биологических тканей производства фирмы «Qiagene»

ALFRED – биоинформационная база данных, содержащая информацию о частоте встречаемости аллелей различных маркеров в геноме человека

AMEL - участок ДНК на Х и Y хромосомах, используемый для определения пола исследуемого образца в коммерческих наборах

AmpF[®]STR[®] Identifiler[®] PCR Amplification Kit – набор реагентов для генотипирования 15 STR-маркеров и маркеров пола, предназначенный для использования в криминалистике и определения отцовства, производства фирмы «Applied Biosystems»

AmpF[®]STR[®] MiniFiler[™] (Applied Biosystems) – набор реагентов для генотипирования STR-маркеров на деградированной ДНК и ДНК малого количества для использования в криминалистике и при определении отцовства, производства фирмы «Applied Biosystems»

AmpF[®]STR[®] Yfiler[™] (Applied Biosystems) - набор реагентов для генотипирования STR-маркеров на Y-хромосоме для использования в криминалистике и при определении отцовства, производства фирмы «Applied Biosystems»

ATL – буфер для лизиса биологических тканей производства фирмы «Qiagene»

AW1 – промывочный буфер производства фирмы «Qiagene»

AW2 – промывочный буфер производства фирмы «Qiagene»

BigDye 3.1 – набор реагентов для проведения реакции секвенирования ДНК (определения последовательности дезоксирибонуклеотидов в молекуле ДНК)

Chromas – компьютерная программа производства фирмы «Technelysium Pty Ltd», предназначенная для анализа последовательностей, полученных на капиллярном секвенаторе

DNA Purification from Dried Blood Spots – выделение ДНК из сухих пятен крови

FEM4 – маркерный участок ДНК на Х и Y хромосомах, разработанный в лаб. Е.И. Рогаева для определения пола при исследовании деградированной ДНК

GeneMapper ® ID software v3.2 (Applied Biosystems) – компьютерная программа, разработанная фирмой Applied Biosystems для анализа результатов генотипирования STR-маркеров

H₂O – вода

MinElute Gel Extraction Kit – набор реагентов для экстракции ДНК из агарозного геля производства фирмы «Qiagene»

Molecular World Inc. – лаборатория в Thunder Bay (Онтарио, Канада), специализирующаяся на проведении генетических идентификаций человека

PowerPlex S5 (Promega) – набор реагентов для генотипирования STR-маркеров и маркеров пола для коротких фрагментов ДНК для использования в криминалистике и при определении отцовства производства фирмы «Promega»

SeqMan – компьютерная программа производства фирмы «DNAStar» для соединения отдельных коротких последовательностей ДНК в длинную молекулу ДНК

SNP – single nucleotide polymorphism – однонуклеотидный полиморизм

STR – short tandem repeats – простые tandemные повторы

The Distribution of the Human DNA-PCR Polymorphisms database - биоинформационная база данных, содержащая информацию о частоте встречаемости аллелей различных маркеров в геноме человека

QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen) – набор реагентов для выделения ДНК из биологических образцов производства фирмы «Qiagene»

UMASS (UMASS MS) – University of Massachusetts Medical School – Медицинская школа Массачусетского Университета

Whatman's Sterile Omni Swabs (Whatman) – стерильные щеточки для забора защечного эпителия производства фирмы «Whatman»

Y-STR - простые tandemные повторы на Y-хромосоме