DOI: 10.17746/1563-0102.2018.46.1.117-122 УДК 905.5

## Чан Сёк О<sup>1</sup>, Ин Ук Кан<sup>2</sup>, Джон Ха Хон<sup>1</sup>, Джун Бум Парк<sup>3</sup>, Дон Хун Шин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт судебной медицины Медицинского колледжа Сеульского национального университета, Республика Корея Institute of Forensic Science, Seoul National University College of Medicine 103 Daehak-ro (Yongon-dong), Jongno-gu, Seoul, 03080, Republic of Korea E-mail: oxman@snu.ac.kr; archaev@gmail.com; cuteminjae@gmail.com

<sup>2</sup>Университет Кёнхи, Республика Корея Куипд Нее University 26 Kyungheedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 02447, Republic of Korea E-mail: kanginuk@khu.ac.kr

<sup>3</sup>Университет Санмун Сеульского фонда научно-промышленной кооперации, Республика Корея Sangmyung University Seoul Industry Academic Cooperation Foundation 20 Hongimun 2-Gil, Jongno-Gu, Seoul, 03016, Republic of Korea E-mail: amimuseo@nate.com

# Эксперименты по определению причин мумификации погребенных в период правления династии Чосон в Корее

В статье представлены данные экспериментов, связанных с проверкой предположения о мумификации человеческих тел в результате термической реакции и последующей гибели кишечной микрофлоры в погребениях периода династии Чосон. Отмечается, что очень хорошо сохранившиеся мумии указанного времени обнаружены только в захоронениях Хвегванмё с гробами, покрытыми со всех сторон смесью из извести и почвы. Эксперименты проводились с использованием миниатюрных моделей захоронений и животных. Было установлено, что сразу после захоронения в могилах при контакте известь содержащей обмазки с водой температура повышалась до  $130.8 \pm 23.5~$  °C и сохранялась в течение  $141.0 \pm 64.7~$  мин. В работе приводятся результаты наблюдений за бактериальными культурами на пластинах с агаром МасСопкеу или кровяным агаром в условиях изменяющегося температурного режима. Они свидетельствуют о полной стерилизации при высокой температуре флоры, которая обычно присутствует в кишечнике крыс. Показано, что аналогичная мумификация может быть воспроизведена с использованием миниатюрных могил разных размеров, а также разных животных, например, белых новозеландских кроликов.

Ключевые слова: Корея, мумия, Чосон, эксперимент, животные, смесь извести и почвы, Хвегванмё.

### Chang Seok Oh<sup>1</sup>, In Uk Kang<sup>2</sup>, Jong Ha Hong<sup>1</sup>, Jun Bum Park<sup>3</sup>, and Dong Hoon Shin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Forensic Science, Seoul National University College of Medicine, 103 Daehak-ro (Yongon-dong), Jongno-gu, Seoul, 03080, Republic of Korea E-mail: oxman@snu.ac.kr; archaev@gmail.com; cuteminjae@gmail.com

<sup>2</sup>Kyung Hee University, 26 Kyungheedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 02447, Republic of Korea E-mail: kanginuk@khu.ac.kr

<sup>3</sup>Sangmyung University Seoul Industry Academic Cooperation Foundation, 20 Hongimun 2-Gil, Jongno-Gu, Seoul, 03016, Republic of Korea E-mail: amimuseo@nate.com

## An Experimental Assessment of the Cause of Mummification in the Joseon Period Burials, Republic of Korea

This article presents the results of experiments aimed at testing the hypotheses that mummification of human bodies in Joseon Dynasty burials was caused by an exothermic reaction and subsequent destruction of intestinal microflora. Well-preserved mummies

of that period were discovered only in the Hoegwakmyo tombs, where the lime-soil-mixture barrier was present. Experiments were conducted using animal bodies placed in miniature grave models. Immediately after contact with moisture, the temperature inside the coffin surrounded by a lime-soil-mixture increased to  $130.8\pm23.5^{\circ}$ C and remained stable for  $141.0\pm64.7$  minutes. The examination of bacterial cultures on MacConkey or blood agar plates showed that the entire flora normally existing in the rat intestine was completely sterilized by high temperature. We also demonstrate that the same mummification can be reproduced regardless of the sizes of miniature graves.

Keywords: Korea, mummies, Joseon, experiment, animals, lime-soil mixture, Hoegwakmyo.

#### Введение

В последние десятилетия на территории Республики Кореи в захоронениях периода династии Чосон (1392–1910 гг. н.э.) было обнаружено несколько хорошо сохранившихся мумий (рис. 1, A). Одна из важнейших их характеристик – почти идеальная сохранность (рис. 1, B). Эти мумии, хотя их внутренние органы морфологически изменились под влиянием естественных факторов [Shin et al., 2003; Ким Мёнджу и др., 2006] (рис. 1, B), являются источником, бесспорно, бесценной информации.

Мумии, найденные на территории Южной Кореи, активно изучаются специалистами в разных областях знаний [Shin et al., 2003; Ким Мёнджу и др., 2006; Lee

et al., 2013; Seo et al., 2014]. Например, в результате полного анатомического обследования, а также проведения гистологического и радиологического анализов у погребенных выявлены признаки врожденных и приобретенных заболеваний [Kim et al., 2014; Kim M.J., Kim Y.-S., Oh C.S. et al., 2015].

Яйца древних паразитов, обнаруженные в кале рассматриваемых мумий, были подвергнуты палеопаразитологическим исследованиям с помощью микроскопов и молекулярных методов (рис.  $1, \Gamma$ ). В результате была собрана информация, необходимая для определения паразитарных инфекций, которые получили наибольшее распространение среди исторического населения Кореи [Seo et al., 2014]. Сравнение палеопаразитологических данных по мумиям ди-

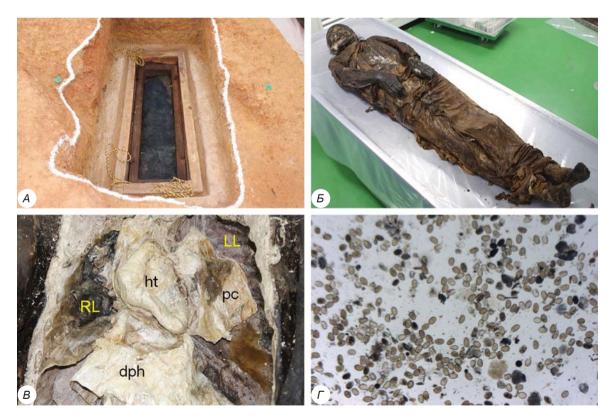


Рис. 1. Могила периода династии Чосон в г. Сачхон, в которой находилась хорошо сохранившаяся мумия в одежде, с документами и пр. (А); мумия отличной сохранности, найденная в г. Хвасон (Б); хорошо сохранившиеся внутренние органы в брюшной полости мумии из Хвасона (В): LL − левое легкое, RL − правое легкое, ht − сердце, pc − перикард, dph − диафрагма; яйца древнего паразита *Paragonimus* из образца ткани мумии, обнаруженной в г. Йонъин (Г).

настии Чосон с современными данными национальных исследований позволило проследить динамику распространения паразитарных инфекций на юге Корейского полуострова [Seo et al., in press].

При изучении мумифицированных останков и патогенных микробов/паразитов, инфицировавших эти организмы при жизни, были сделаны анализы древней ДНК (дДНК). Исследования проводились по образцам мозга, поскольку дДНК головного мозга сохраняется лучше всего [Oh et al., 2013]. При изучении яиц древних паразитов в кале мумий династии Чосон [Seo et al., 2014] удалось получить важную научную информацию для реконструкции физических и патологических особенностей древнего населения полуострова [Song, Shin, 2014].

## Как происходила мумификация в могилах династии Чосон?

Механизм мумификации человеческих тел в Корее пока полностью не изучен, поэтому мумии династии Чосон трудно отнести к какому-либо виду мумий, известных в мире. Согласно нашим данным, на территории Кореи не применялись какие-либо техники бальзамирования, поэтому мы исключаем возможность специальной подготовки трупов для мумификации в период династии Чосон [Ким Мёнджу и др., 2006]. Подчеркнем, что природные условия на полуострове совершенно не способствуют процессам мумификации, поэтому мумии династии Чосон не могут быть результатом естественной мумификации, например, в сухой почве или вечной мерзлоте [Shin et al., 2003].

Корейские исследователи считают, что мумификация человеческих тел в период династии Чосон происходила в уникальных условиях, которые не характерны для других регионов. Обсуждаемые мумии обнаружены в могилах особой конструкции — Хвегванмё. В таких захоронениях пространство между гробом и стенками могильной ямы заполнено смесью извести и почвы [Ibid.]. По нашему мнению, наличие этой смеси в захоронении было важнейшим условием мумификации. Для проверки данной версии мы провели серию экспериментов с телами лабораторных животных и миниатюрными моделями могил Хвегванмё [Oh, Shin, 2014].

## Повышение температуры в моделях могил в результате термической реакции

В ходе экспериментов пространство между стенками могилы и гробом с телом крысы заполнялось смесью извести и почвы (известь : мелкий песок : желтая

почва = 3:1:1). Этой массой покрывали и крышку гроба [Ibid.] (рис. 2, I, A). Через определенное время смесь извести и почвы затвердевала, образовав плотную оболочку гроба (рис. 2, I, E). В контрольных могилах находился миниатюрный гроб, не защищенный таким покрытием [Ibid.].

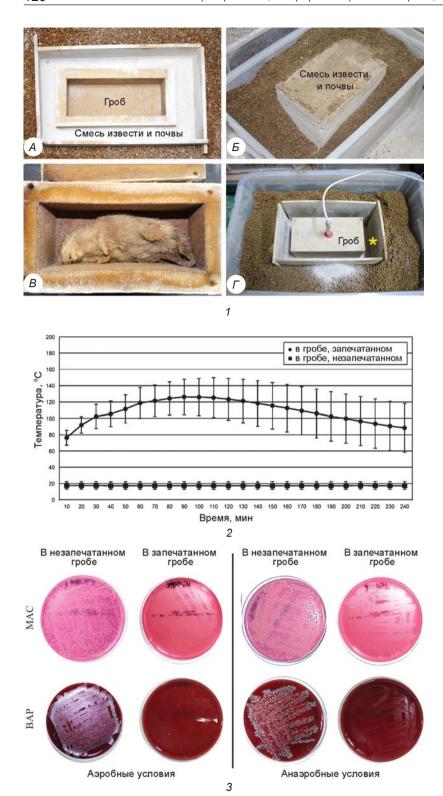
По истечении достаточного количества времени тела крыс внутри миниатюрных моделей могил Хвегванмё мумифицировались (рис. 2, l, B). Было установлено, что мумифицированные ткани превосходно сохранились. В контрольных могилах тела крыс не мумифицировались. Таким образом, имеется связь между наличием слоя из смеси извести и почвы вокруг гроба и процессом мумификации [Ibid.].

В рамках данного исследования были проведены измерения температуры внутри могил Хвегванмё. Как известно, при контакте негашеной извести (оксид кальция) с водой выделяется большое количество тепловой энергии. Когда влага попадала в могилы Хвегванмё, содержавшие смесь извести и почвы, могла происходить экзотермическая реакция. Поскольку многие виды бактерий погибают при нагревании до 100 °C в течение 90 мин [Ananthanarayan, Paniker, 2006], можно предположить, что высокая температура, сохранявшаяся достаточно длительное время при взаимодействии извести с водой, способствовала стерилизации бактерий внутри гробов Хвегванмё.

Чтобы проверить нашу гипотезу, мы провели еще один эксперимент. Вокруг гроба была создана оболочка из смеси извести и почвы, а затем проведены замеры температуры и длительности ее поддержания на максимальном уровне. Для измерения температуры внутри гробов мы использовали цифровой термометр (модель КТН300, КІМО, Франция), который вставили в крышку (рис. 2, I,  $\Gamma$ ). Замеры температуры производили в течение 4 ч каждые 10 мин. Экспериментальные животные использовались в соответствии с «Руководством по содержанию лабораторных животных и уходу за ними», разработанным Национальным институтом здравоохранения США [Guide..., 1985]. Проведение исследования было одобрено Институционным комитетом по содержанию и использованию животных Сеульского национального университета.

В ходе экспериментов (n = 10) средняя температура внутри гроба, покрытого смесью извести и почвы, держалась на уровне  $130.8 \pm 23.5$  °C в течение  $141.0 \pm 64.7$  мин (рис.  $2, I, \mathcal{A}$ ). Теоретически такой высокой температуры достаточно для того, чтобы погибли практически все микроорганизмы, находившиеся внутри гроба.

Микроорганизмы, присутствующие в организме человека, могут быстро размножаться после его смерти, что является основным фактором разложения



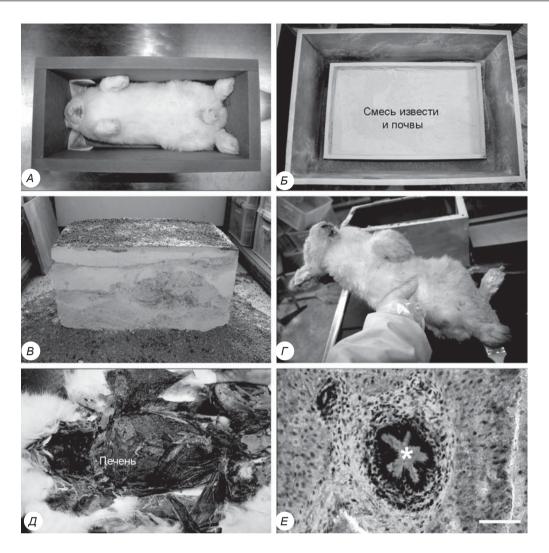
 $Puc.\ 2.\$ Этапы экспериментальной мумификации тела крысы в миниатюрной модели могилы династии Чосон (1): A – пространство вокруг гроба заполнено смесью извести и почвы, B – смесь извести и почвы образует оболочку вокруг гроба, B – труп крысы мумифицируется,  $\Gamma$  – внутри гроба установлен цифровой термометр (звездочкой отмечено пространство, заполняемое смесью извести и почвы; график средних температур внутри гроба (2) и образцы культуры из кишечника крыс из могил на пластинах МАС и ВАР (3).

[Gill-King, 2000]. Мы считаем, что высокие температуры, сохранявшиеся длительное время в погребениях династии Чосон, предотвращали посмертное разложение, вызываемое бактериями.

### Бактериальные культуры на пластинках с агаром

Для проверки предположения о гибели микроорганизмов внутри мумии в результате экзотермической реакции в слое из смеси извести и почвы, мы провели еще один эксперимент. Образцы культуры, взятые через 24 ч после захоронения в ходе аутопсии кишечника взрослых крыс линии Спрег-Доули (n = 4), разместили на пластинах с агаром MacConkey (MAC) и кровяным агаром (ВАР) (Asan Pharmaceutical, г. Сеул, Корея). Агар МАС обычно используется для первичной селекции грамотрицательных бацилл, агар ВАР поддерживает все клинически значимые бактерии, кроме наиболее сложных для культивирования [Forbes, Sahm, Weissfeld, 2007]. Пластины поместили в миниатюрные гробы, покрытые и непокрытые смесью извести и почвы.

Инкубирование бактерий в течение 24 ч в аэробной и анаэробной средах показало следующие результаты. Ни аэробные, ни анаэробные бактерии из кишечника крыс, находившихся в миниатюрных могилах, в которых были воссозданы условия захоронений Хвегванмё (с покрытием из смеси извести и почвы), не проявили способности размножения на пластинах МАС или ВАР (рис. 2, 1, E). Напротив, в таких же образцах из могил, не содержавших смесь извести и почвы, отмечен рост культур на пластинах обоих видов. Следовательно, значительное повышение температуры, возникающее при взаимодействии воды со смесью извести и почвы, приводит к гибели микробов, что повышает вероятность мумификации трупов внутри могилы.



 $Puc.\ 3.\$ Труп кролика в миниатюрной модели могилы династии Чосон (A); смесь извести и почвы вокруг гроба (B); застывшая смесь вокруг гроба (B); мумифицированное тело кролика из модели могилы династии Чосон  $(\Gamma)$ ; хорошо сохранившаяся печень, обнаруженная при аутопсии мумифицированного кролика (A); ткани печени мумифицированного кролика (звездочкой отмечена воротная вена, масштаб (A)); (A)0 мкм) (A)1.

Наши эксперименты имеют большое значение для определения механизма мумификации в могилах династии Чосон. Однако значительные различия в размерах между миниатюрными реконструкциями и реальными могилами заставляют задуматься о том, подтвердятся ли полученные результаты в опытах с использованием тел более крупных животных? Мы повторили наши эксперименты с белыми новозеландскими кроликами (n = 6, средний вес = 2,6 кг, Samtako Bio Korea Co., Ltd., Корея).

Анатомический и гистологический анализы показали, что в гробах, покрытых смесью извести и почвы, которые находились в миниатюрных моделях могил династии Чосон, также происходила мумификация тел кроликов (рис. 3, A– $\Gamma$ ). Могилы с кроликами по размерам были больше, чем могилы с крысами, но в них также зафиксирована абсолютная сохранность тканей мумифицированных животных (рис. 3,  $\mathcal{A}$ ,  $\mathcal{E}$ ), тогда как в контрольных моделях могил отмечено совсем другое состояние тканей. По нашему мнению, процесс мумификации может быть воспроизведен в моделях могил династии Чосон любого размера.

#### Заключение

Наша гипотеза об определяющей роли покрытия гробов смесью извести и почвы в мумификации трупов в могилах династии Чосон была подтверждена экспериментами. Корейские археологи предполагали, что мумификация трупов в захоронениях периода династии Чосон происходила при наличии смеси извести

и почвы, которая полностью запечатывала гроб. Для подтверждения этой гипотезы необходимо было провести эксперименты с использованием миниатюрных моделей могил типа Хвегванмё.

Наше исследование показало, что мумификация трупов в миниатюрных моделях могил династии Чосон была связана с процессом гибели бактерий во время экзотермической реакции, которая возникала при контакте смеси извести и почвы с влагой. Мы проследили, что в результате такой же экзотермической реакции в могилах типа Хвегванмё происходили стерилизация микрофлоры и последующая мумификация содержащихся останков. Хотя наши эксперименты подтверждают высказанные ранее предположения археологов о причинах мумификации трупов в могилах династии Чосон, пока нет полной уверенности в том, что в могилах типа Хвегванмё реального размера мумификация происходила также благодаря термической реакции. Чтобы получить доказательства, необходимо провести дополнительные эксперименты.

#### Благодарности

Настоящее исследование проведено за счет гранта Национального исследовательского института культурного наследия Кореи (NRICH-1207-B03F) и исследовательского гранта Сеульского национального университета в 2015 г.

#### Список литературы

Ким Мёнджу, Пак Суньсиль, Пок Гидэ, Чхве Ёнхи, Ли Инсон, Син Гёнджин, Хан Гиррё, Юн Минъён, Хан Сонхо, Кан Инук, Чан Бёнсу, Чон Юнхи, Син Донхун. Средневековая мумия из Янджу // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2006. – № 4. – С. 122–129.

**Ananthanarayan R., Paniker C.J.** Textbook of Microbiology. – 7th ed. – Lucknow: Orient Blackswan, 2006. – 659 p.

**Forbes B.A., Sahm D.F., Weissfeld A.S.** Bailey and Scott's Diagnostic Microbiology. – 12th ed. – St. Louis: The C.V. Mosby Co., 2007. – 1056 p.

**Gill-King H.** Chemical and ultrastructural aspects of decomposition. Forensic Taphonomy / eds. W.D. Haglund, M.H. Sorg. – Florida: CRC Press, 2000. – 636 p.

**Guide** for the Care and Use of Laboratory Animals (NIH publication N 86–23). – Bethesda, Maryland: Department of Health and Human Services, 1985. – 83 p.

Kim M.J., Kim Y.-S., Oh C.S., Go J.-H., Lee I.S., Park W.-K., Cho S.-M., Kim S.-K., Shin D.H. Anatomical Confirmation of Computed Tomography-Based Diagnosis of the Atherosclerosis Discovered in 17th Century Korean Mummy // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10 (3). – URL: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0119474

Kim Y.-S, Lee I.S., Jung G.-U., Oh C.S., Yoo D.S., Lee W.J., Lee E.-J., Cha S.C., Shin D.H. Radiological Diagnosis of Congenital Diaphragmatic Hernia in 17th century Korean Mummy // PLoS ONE. – 2014. – Vol. 9 (7). – URL: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0099779

Lee E.-J., Oh C.S., Yim S.G., Park J.B., Kim Y.-S., Shin M.H., Lee S.D., Shin D.H. Collaboration of archaeologists, historians and bioarchaeologists during removal of clothing from Korean mummy of Joseon dynasty // Intern. J. of Historical Archaeology. – 2013. – Vol. 17, iss. 1. – P. 94–118.

Oh C.S., Lee S.J., Lee S.D., Kim M.J., Kim Y.-S., Lim D.-S., Shin D.H. Amplification of DNA remnants in mummified human brains from medieval Joseon tombs of Korea // Anthropologischer Anz. – 2013. – Bd. 70, N 1. – S. 57–81.

**Oh** C.S., **Shin D.H.** Making Animal Model for Korean Mummy Studies // Anthropologischer Anz. – 2014. – Bd. 71, N 4. – S. 469–488.

**Seo M., Araujo A., Reinhard K., Chai J.Y., Shin D.H.** Paleoparasitological studies on Mummies of the Joseon Dynasty, Korea // Korean J. of Parasitology. – 2014. – Vol. 52, N 3. – P. 235–242.

Seo M., Oh C.S., Hong J.H., Chai J.-Y., Cha S.C., Bang Y., Cha I.G., Wi Y.G., Park J.M., Shin D.H. Estimation of Parasite Infection Prevalence of Joseon People by Paleoparasitological Data Updates from the Coprolites of Pre-modern Korean Mummies // Anthropological Science (in press).

Shin D.H., Choi Y.H., Shin K.J., Han G.R., Youn M., Kim C.Y., Han S.H., Seo J.C., Park S.S., Cho Y.J., Chang B.S. Radiological analysis on a mummy from a medieval tomb in Korea // Annals of Anatomy. – 2003. – Vol. 185, iss. 4. – P. 377–382.

**Song M.K., Shin D.H.** Joseon mummies identified before bioanthropological studies began in Korea // Papers on Anthropology. – 2014. – Vol. XXIII/1. – P. 117–134.

Материал поступил в редколлегию 26.04.17 г.