

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ В ИЗУЧЕНИИ
ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

УДК 543.544.43

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТОПЛИВА В СВЕТИЛЬНИКЕ
ИЗ АНТИЧНОГО ПОСЕЛЕНИЯ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

© 2020 г. В. М. Пожидаев^{1,*}, Я. Э. Сергеева¹, И. С. Борисевич¹,
П. К. Кашкаров¹, Е. Б. Яцишина¹

¹ Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия

*E-mail: pojidaev2006@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.06.2020 г.

После доработки 20.07.2020 г.

Принята к публикации 20.07.2020 г.

Представлены результаты исследования состава органических остатков, обнаруженных на дне древнего светильника, найденного при проведении раскопок поселения “Ахтанизовская 4” (Краснодарский край, Темрюкский район, северо-восточная окраина станицы Ахтанизовская) в культурном слое I в. до н.э. Образцы остатков со дна светильника экстрагировали смесью растворителей по методу Фолча и обрабатывали раствором спиртовой щелочи. Экстракты подвергали дериватизации для получения метиловых эфиров жирных кислот, количественный и качественный составы которых определяли методом газовой хроматографии. Для идентификации примеси растительного масла в остатках из светильника проведено хромато-масс-спектрометрическое исследование содержания стеролов. По результатам проведенного исследования показано, что в состав топлива входили говяжий жир и рапсовое масло.

10.1134/S1992722320050118

ВВЕДЕНИЕ

Масляная лампа, или масляный светильник — одно из древнейших изобретений человечества. Самые древние светильники, датируемые верхним палеолитом, представляли собой камни с углублениями или раковины, в которых сжигались животные жиры. Глиняные светильники, имевшие форму блюдца с плавающим фитилем, появились в бронзовом веке (ок. XVI в. до н.э.). Со временем форма светильников изменялась, и они становились все более закрытыми. Светильники применялись внутри и снаружи жилищ, выполняя хозяйственные и ритуальные функции [1].

В древних источниках можно найти указания на различные горючие материалы, которые использовались в качестве топлива для таких светильников. В осветительных приборах древнего мира широко применялись животные жиры и растительные масла [2].

Исследования остатков липидов в древних светильниках весьма интересны в виду узкого диапазона использовавшихся органических продуктов (по сравнению с керамикой, служившей для приготовления и хранения пищи), что способствует более точной идентификации использовавшихся жиров и масел.

В последние годы анализ липидов стал мощным аналитическим инструментом для идентификации органических остатков (продуктов питания, непродовольственных товаров), обнаруженных в древних сосудах [3]. Липидный анализ был применен для исследования остатков содержащего светильников и ламп различных археологических контекстов.

Доказательства использования животных жиров и растительных масел в качестве горючих материалов в светильниках (от 600 до 1500 г. н.э.), обнаруженных в Каср-Ибриме (Египет), приведены в [2]. При исследовании состава остатков в археологических светильниках методом газовой хроматографии (ГХ) на основании присутствия лауриновой ($C_{12:0}$) и миристиновой ($C_{14:0}$) жирных кислот (ЖК), характерных для животных жиров, было доказано использование в качестве топлива жиров животного происхождения [4, 5]. Кроме этого, было показано, что соотношение содержания пальмитиновой ($C_{16:0}$) и стеариновой ($C_{18:0}$) кислот может являться критерием для определения видового происхождения археологических животных жиров [5, 6]. В общем случае более высокое содержание $C_{18:0}$ по сравнению с $C_{16:0}$ в органических остатках археологических артефактов предполагает присутствие животных жиров, а значительное преобладание $C_{16:0}$ над $C_{18:0}$ — харак-

терно для растительных масел [2]. Признаками наличия животных жиров согласно [6] является обнаружение ЖК с нечетным числом атомов углерода: пентадекановой ($C_{15:0}$), маргариновой ($C_{17:0}$) и нонадекановой ($C_{19:0}$), а также разветвленных монокарбонных ЖК с 15–19 атомами углерода, которые образуются в кишечнике жвачных животных под воздействием бактерий [7, 8].

Для определения видовой принадлежности животного жира в остатках из средневековых светильников (Лестер, Великобритания) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии–масс-спектрометрии (ВЭЖХ–МС) [9] было исследовано распределение ЖК в триацилглицеридах (ТАГ). При исследовании остатков содержимого светильника была обнаружена смесь позиционных изомеров октадеценной кислоты с двойными связями в положении 9, 11, 13, 14, 15, и 16. Подобные смеси изомеров характерны для жиров жвачных животных: крупного рогатого скота и овец. Жир животных с однокамерным желудком, например свиней, содержит только один изомер – 9-октадеценную кислоту [5, 6].

Анализ каменных ламп, многие из которых сохранили следы горения, из высокогорных палеолитических пещер во Франции также показал наличие ЖК животного происхождения [10].

Высокое содержание насыщенных ЖК, а также присутствие лауриновой и миристиновой кислот, обнаруженных методом газовой хроматографии–масс-спектрометрии (ГХ–МС), в органических остатках, сохранившихся на фрагментах археологических керамических светильников (Хирбет Аль-Батрави, Иордания), датированных ранним бронзовым веком, стало основой для вывода об использовании в них животных жиров [11]. Животные жиры (бычий и овечий) были обнаружены в керамических лампах из Ольвии (территория современной Украины), датированных V в. до н.э.–IV в. н.э. [12]. В [13] описаны неглубокие овальные чаши с побережья Балтийского моря, которые наполняли жиром морских животных и использовали в качестве осветительных ламп во времена мезолита.

Остатки растительных масел представителей семейства крестоцветных были обнаружены в лампах из Антиноя (Египет), датированных V–VII веками н.э. [14]. В ранних римско-византийских керамических лампах из Сагалассоса (Турция) было идентифицировано оливковое масло [15]. Остатки пчелиного воска обнаружены в древних минойских конических чашках, которые использовались в качестве осветительных ламп [16].

В Древней Руси применялись открытые светильники с животным жиром или растительным маслом. Из растительных масел чаще всего использовали оливковое, которое поступало в Рос-

сию из-за границы [17]. Это было низкосортное, так называемое “деревянное” масло с неприятным запахом и совершенно не пригодное для употребления в пищу. Такое масло использовалось в качестве топлива для лампад. Стоимость деревянного масла тоже была достаточно высокой, поэтому его часто подделывали. Для фальсификации деревянного масла применялись растительные масла: рапсовое, касторовое, а также углеводородные минеральные масла (нефтяные продукты).

Поселение “Ахтанизовская 4”, расположенное на северо-западном берегу Ахтанизовского лимана, было обследовано в 1982 г. Разведочным отрядом Таманско-Фанагорийской экспедиции Института археологии АН СССР под руководством Я.М. Паромова, а затем с 2004 г. Таманской археологической экспедицией Государственного исторического музея [18]. Памятник состоит из двух частей: поселения, существовавшего с VI в. до н.э. по XIII в. н.э., и укрепления в его мысовой части (I в. до н.э.–III в. н.э.). В 1994 г. была опубликована статья, в которой поселение “Ахтанизовская 4” рассматривалось более подробно в контексте античных укреплений Таманского полуострова [19]. Планомерные раскопки на памятнике начались в 2005 г. [20].

На территории укрепления за все годы раскопок было найдено более полусотни монет, большинство из которых относится ко II–I векам до н.э. Наиболее массовыми находками являются фрагменты керамической тары – гераклеийские сосуды с двустольными ручками. Кроме этого было обнаружено несколько светильников и их фрагментов [18].

Целью настоящей работы стало исследование органических остатков со дна древнего светильника из раскопок поселения “Ахтанизовская 4”, обнаруженного в культурном слое, датированном I в. до н.э., для определения состава использовавшегося топлива.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Реагенты. Все использованные растворители и реактивы имели квалификацию “х. ч.” или “для ВЭЖХ”.

Подготовка образцов. Для исследования были представлены аморфные фрагменты от темно-коричневого до почти черного цвета, без запаха, отобранные со дна светильника. Их растирали в ступке и далее проводили экстракцию.

Гексановый экстракт. К навеске исследуемого образца (около 100 мг) добавляли 4 мл *n*-гексана и экстрагировали на ультразвуковой ванне (60 мин, 60°C). После этого к реакционной смеси добавляли 2 мл 0.5%-ного водного раствора NaOH и обрабатывали на ультразвуковой ванне (10 мин, при



Рис. 1. Внешний вид исследуемого светильника.

комнатной температуре). Полученную взвесь центрифугировали (15 мин, 4000 об./мин), верхний гексановый слой отделяли, упаривали досуха и растворяли в 100 мкл *n*-гексана.

ГХ-анализ проводили по методике, предложенной в работе [18].

Нейтральный экстракт. К навеске исследуемого образца (около 100 мг) добавляли 4 мл смеси хлороформ–метанол (2:1) и экстрагировали на ультразвуковой ванне (60 мин, 60°C). Полученную взвесь центрифугировали (15 мин, 4000 об./мин), надосадочную жидкость отделяли, упаривали досуха. К сухому остатку добавляли 1 мл смеси хлороформа–метанола (2:1) и подвергали дериватизации метанолом с кислотным катализатором для получения метиловых жирных кислот (МЭЖК).

Щелочной экстракт. Твердые остатки после получения нейтрального экстракта высушивали при комнатной температуре до отсутствия запаха растворителей, добавляли 4 мл 0.5%-ного раствора NaOH в метаноле и обрабатывали на ультразвуковой ванне (60 мин, 60°C). Щелочной раствор подкисляли 5 мл 0.5%-ного раствора H₂SO₄ до pH 5–6, добавляли 10 мл диэтилового эфира и встряхивали в течение 10 мин. Слои разделяли. Слой эфира фильтровали через безводный сульфат натрия и упаривали досуха. К сухому остатку добавляли 1 мл смеси хлороформа–метанола (2:1) и также подвергали дериватизации метанолом для получения МЭЖК.

Анализ МЭЖК проводили на газовом хроматографе фирмы Bruker модели 430 GC с пламенно-ионизационным детектором согласно [21]. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили с использованием стандартной смеси МЭЖК SP-37 (Supelco 37 Component).

Извлечение и анализ стеринов. К навеске исследуемого образца (около 200 мг) добавляли 4 мл 2 М КОН в 95%-ном этаноле и обрабатывали на

ультразвуковой ванне (45 мин, 60°C). После охлаждения полученную суспензию центрифугировали (15 мин, 4000 об./мин). Надосадочную жидкость переносили в делительную воронку, добавляли по 4 мл *n*-гексана и воды. Энергично встряхивали в течение 10 мин. Органический слой отделяли, переносили в испарительную чашку и удаляли растворитель при комнатной температуре. Остаток растворяли в 100 мкл хлороформа, добавляли N,O-бис(триметилсил)трифторацетамид (BSTFA), содержащий 1% триметилхлорсилана, и выдерживали при 70°C в течение одного часа. Избыток BSTFA выпаривали при комнатной температуре в атмосфере азота. Остаток растворяли в *n*-гексане (20 мкл).

Для ГХ-МС-анализа использовали газовый хроматограф HP 6890 с масс-спектрометрическим детектором MSD 5975 фирмы Agilent Technologies. Условия хроматографирования, детектирования и идентификация описаны в [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На исследование были предоставлены твердые фрагменты, обнаруженные на дне светильника, найденного при раскопках поселения “Ахтанизовская 4” (Краснодарский край, Темрюкский район, северо-восточная окраина станицы Ахтанизовская) в культурном слое I в. до н.э.

Внешний вид исследуемого светильника представлен на рис. 1.

По данным литературных источников в качестве топлива в подобных светильниках могли использовать животные жиры, растительные масла, пчелиный воск, а также минеральные масла нефтяного происхождения.

Для проверки гипотезы об использовании в качестве топлива в светильнике нефтяных продуктов и пчелиного воска методом ГХ исследова-

Таблица 1. Состав и содержание жирных кислот в экстрактах органических остатков со дна светильника

Пик	Жирная кислота		Содержание, % от суммы	
	название (тривиальное)	обозначение	нейтральный экстракт	щелочной экстракт
1	Гексадиовая (адипиновая)	—	—	0.9
2	Тетрадекановая (миристиновая)	14:0	0.4	3.8
3	Нонадиовая (азелаиновая)	—	—	3.8
4	Пентадекановая	15:0	0.4	0.6
5	Гексадекановая (пальмитиновая)	16:0	19.3	18.3
6	9- <i>транс</i> -Гексадеценная (пальмитэлаидиновая)	16:1-t (9)	0.2	1.8
7	9- <i>цис</i> -Гексадеценная, (пальмитолеиновая)	16:1-c (9)	0.9	3.8
8	Гептадекановая (маргариновая)	17:0	0.4	1.6
9	Октадекановая (стеариновая)	18:0	12.4	10.9
10	9- <i>транс</i> -Октадеценная (элаидиновая)	18:1-t (9)	1.7	2.0
11	9- <i>цис</i> -Октадеценная (олеиновая)	18:1-c (9)	31.1	29.9
12	9,12-Октадекадиеновая (линолевая)	18:2 (9,12)	1.7	1.6
13	10-Гидроксиоктадекановая	—	2.8	1.7
14	9-Гидроксиоктадекановая	—	1.0	2.9
15	Эритро-9,10-дигидроксиоктадекановая	—	1.3	2.8
16	Трео-9,10-дигидроксиоктадекановая	—	1.4	3.9
17	9,10,11,12-Тетрагидроксиоктадекановая	—	3.6	4.6
<i>P/S*</i>			1.6	1.6
<i>O/L**</i>			19.3	19.9

**P/S* – соотношение содержания $C_{16:0}/C_{18:0}$.

***O/L* – соотношение содержания $C_{18:1}/C_{18:2}$.

ли гексановый экстракт остатков. Согласно полученным результатам нормальных парафиновых углеводородов $C_{15}-C_{26}$ (маркеров нефтяных продуктов [21]), а также нечетных углеводородов $C_{27}-C_{33}$ и тяжелых спиртов $C_{22}-C_{30}$ (маркеров пчелиного воска [23]) обнаружено не было, что позволило исключить эту гипотезу.

При рассмотрении версии об использовании животных жиров или растительных масел в качестве топлива в светильнике исследуемые образцы обрабатывали двумя способами. Необходимость выбранной схемы экстракции обусловлена тем фактом, что, как было показано в ряде исследований [2, 3, 10, 14, 16], при экстракции органическими растворителями извлекается не более 5% органической составляющей образца, а большая часть входит в состав полимерной матрицы. В результате длительного захоронения ненасыщенные ЖК, входящие в состав жиров и масел, подвергаются окислительной деградации, приводящей к полному разрыву кратной связи и образованию дикарбоновых кислот, основными из которых являются азелаиновая и адипиновая. Дикарбоновые кислоты реагируют с гидроксикислотами, образуя при гидратации

кратной связи ненасыщенной кислоты, по механизму реакции поликонденсации. При этом образуются олигомерные и полимерные продукты, которые не экстрагируются органическими растворителями, но могут расщепляться спиртовым раствором щелочи на исходные мономеры. Поэтому после экстракции органическими растворителями (нейтральный экстракт) исследуемые образцы были обработаны и спиртовым раствором щелочи для получения щелочного экстракта.

Результаты исследований состава нейтрального и щелочного экстрактов органических остатков со дна светильника приведены на рис. 2 и табл. 1.

Как видно из рис. 2, состав ЖК исследуемых экстрактов идентичен, но щелочная обработка исследуемых фрагментов позволила извлечь дополнительное количество органического материала. В составе экстрактов идентифицированы насыщенные $C_{14}-C_{18}$ ЖК, в том числе с нечетным числом углеродных атомов (C_{15} и C_{17}); ненасыщенные ЖК – пальмитолеиновая ($C_{16:1}$), олеиновая ($C_{18:1}$), линолевая ($C_{18:2}$), а также продукты их деградации: азелаиновая, адипиновая, 9- и 10-ок-

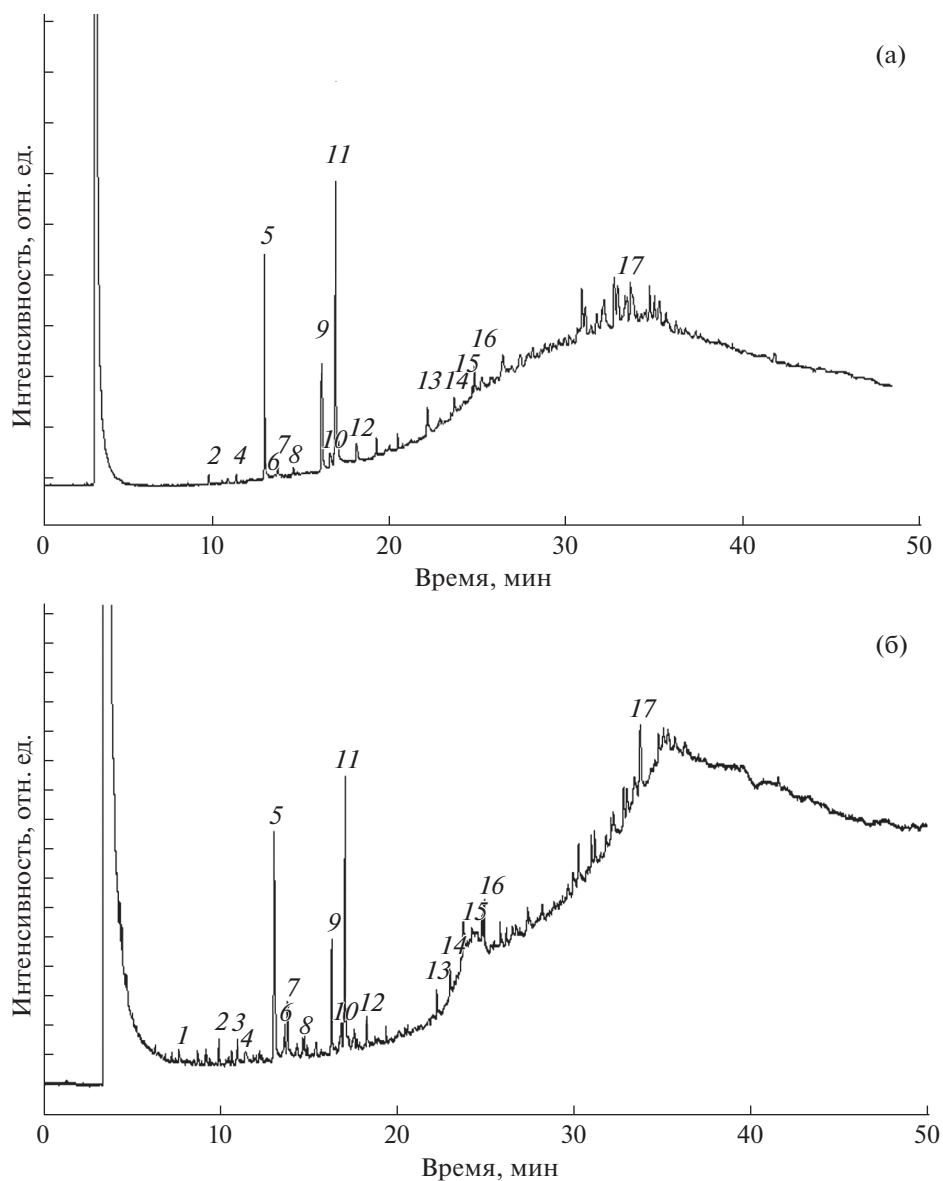


Рис. 2. Хроматограммы нейтрального (а) и щелочного (б) экстрактов органических остатков со дна светильника (отнесение пиков приведено в табл. 1).

си-октадекановая, *эритро*- и *трео*- изомеры 9,10-дигидроксиоктадекановой кислоты.

В составе ЖК обнаружены миристиновая ($C_{14:0}$) и насыщенные кислоты с нечетным числом атомов углерода ($C_{15:0}$, $C_{17:0}$), наличие которых характерно для животных жиров.

В экстрактах остатков из светильника обнаружены геометрические изомеры пальмитолеиновой и олеиновой кислот: 9-*транс*-гексадеценевая и 9-*транс*-октадеценевая кислоты. В животных жирах и растительных маслах ненасыщенные кислоты присутствуют только в форме *цис*-изомеров, исключение составляет говяжий жир, в со-

ставе которого доля *транс*-изомеров может достигать 8%.

Идентификацию жира или масла в остатках на археологической керамике часто проводят по соотношению содержания пальмитиновой и стеариновой кислот (P/S). Было показано, что в жире жвачных животных (овцы и крупный рогатый скот) величина этого соотношения составляет 0.9–1.3. Для животных с однокамерным желудком (свиньи и лошади) величина соотношения P/S несколько выше – 1.6–2.2 [12, 22].

Согласно данным, представленным в табл. 1, соотношение P/S для нейтрального и щелочного экстрактов составило 1.6, что имеет промежуточ-

ное значение между жирами жвачных животных и свиным жиром [22]. Однако обнаружение *транс*-изомеров пальмитолеиновой и олеиновой ЖК позволяет предположить, что в качестве топлива в исследуемом светильнике использовался говяжий жир.

Обращает на себя внимание, что в остатках присутствуют олеиновая (29.9–31.1%) и линолевая (1.6–1.7%) кислоты. Анализ данных [22] по составу ЖК показал, что содержание олеиновой и линолевой кислот (*O/L*) в современных животных жирах составляет 23–53 и 1.7–10.5% соответственно. Коэффициент соотношения содержания этих кислот *O/L* – 5.7–10.3 (в говяжьем – 10.3, в бараньем – 7.5, в свином – 5.7) [22]. Скорости окисления олеиновой, линолевой и линоленовой кислот соотносятся как 1:5:50 [22], т.е. линолевая кислота в одинаковых условиях окисляется в 5 раз быстрее, чем олеиновая. При использовании животного жира в качестве топлива в светильнике соотношение содержания олеиновой и линолевой кислот с учетом разницы в скоростях их деградации должно быть около 28–52. В исследуемых остатках величина коэффициента *O/L* составила 19.3–19.9, что, вероятно, является следствием использования в качестве топлива в светильнике смеси животного жира и растительного масла.

Для идентификации примеси растительного масла в остатках из светильника было проведено хромато-масс-спектрометрическое исследование содержания стеролов. Были обнаружены различные стеролы, основными из которых являются холестерол и β -ситостерол. Холестерол является биомаркером животного жира. β -Ситостерол – растительный продукт, который синтезируется только растениями, что подтверждает гипотезу об использовании примеси растительного масла в топливе исследуемого светильника.

Обнаруженный археологами светильник датирован I в. до н.э. Производство растительных масел на Руси началось значительно позже. Ввозимое масло (оливковое, подсолнечное, кукурузное, соевое, рапсовое) было очень дорогим и использование его для технических целей вряд ли было целесообразно. Исключением могли служить низкосортные оливковое (деревянное) и рапсовое масла. Содержание линолевой кислоты в оливковом масле 4.1–12.3%, что сопоставимо с содержанием этой кислоты в животных жирах (2.7–10.7%) [22]. С учетом разности скоростей окислительной деградации олеиновой и линолевой кислот при использовании в качестве топлива в древнем светильнике оливкового и рапсового масел коэффициент соотношения содержания олеиновой и линолевой кислот теоретически должен был составить около 50 и 15 соответственно. Величина коэффициента *O/L* в остатках топлива

исследуемого светильника составила 19.3–19.9. Очевидно, что добавка оливкового масла к животному жиру не могла бы привести к снижению соотношения *O/L*. Поэтому наиболее вероятно, что в исследуемом светильнике использовалась смесь говяжьего жира и рапсового масла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии исследованы экстракты остатков из древнего светильника. В исследуемых экстрактах обнаружены монокарбоновые насыщенные жирные кислоты с числом углеродных атомов от 14 до 18, ненасыщенные пальмитолеиновая, олеиновая, линолевая кислоты, а также продукты их деградации: азелаиновая, адипиновая, 9- и 10-оксооктадекановая, *эритро*- и *трео*-изомеры 9,10-дигидроксиоктадекановой кислоты.

Обнаружение холестерина, миристиновой кислоты и монокарбоновых кислот с нечетным числом атомов углерода ($C_{15:0}$, $C_{17:0}$) предполагает использование в качестве топлива животных жиров.

Обнаружение β -ситостерола, продуктов окислительной деградации ненасыщенных жирных кислот свидетельствует о присутствии растительного масла в органических остатках.

По результатам изучения жирно-кислотных профилей экстрактов образцов из светильника и сравнения с литературными данными по идентификации современных животных жиров и растительных масел было показано, что в состав топлива входили говяжий жир и рапсовое масло.

Авторы выражают благодарность за предоставленные для исследований археологические образцы сотруднику ФГБУК “Государственный исторический музей” Г.А. Ломтадзе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-29-04100 оф-м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cam A.* // *Ceramics Technical*. 2014. № 39. P. 66.
2. *Copley M.S., Bland H.A., Rose P. et al.* // *Analyst*. 2005. V. 130. № 6. P. 860.
<https://doi.org/10.1039/B500403A>
3. *Evershed R.P.* // *Archaeometry*. 2008. V. 50. № 6. P. 895.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00446.x>
4. *Rossel J.B., Pritchard J.L.R.* *Analysis of Oilseeds, Fats and Fatty Foods*. London: Elsevier, 1991. 558 p.
5. *Ledward D.A., Johnstone D.E.* *The Chemistry of Muscle-Based Foods*. London: Royal Society of Chemistry, 1991. 330 p.
6. *Evershed R.P., Dudd S.N., Copley M.S. et al.* // *Acc. Chem. Res.* 2002. V. 35. № 8. P. 660.
<https://doi.org/10.1021/ar000200f>

7. *Mills J.S., White R.* The organic chemistry of museum objects. London: Butterworths, 1994. 206 p.
8. *Charters S., Evershed R.P., Blinkhorn P.W., Denham V.* // *Archaeometry*. 1995. V. 37. № 1. P. 113.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1995.tb00730.x>
9. *Garnier N., Rolando C., Hofjec J.M., Tokarski C.* // *Int. J. Mass Spectrom.* 2009. V. 284. № 1–3. P. 47.
<https://doi.org/10.1016/j.ijms.2009.03.003>
10. *De Beaune S.A.* // *Curr. Anthropol.* 1987. V. 28. № 4. P. 369.
<https://doi.org/10.1086/203565>
11. *Mayyas A., Douglas K., Hoffmann T. et al.* // *Mediterr. Archaeol. Ar.* 2013. V. 13. № 2. P. 189.
12. *Mottram H.R., Dudd S.N., Lawrence G.J. et al.* // *J. Chromatogr. A.* 1999. V. 833. № 2. P. 209.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)01041-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)01041-3)
13. *Heron C., Andersen S., Fischer A. et al.* // *Antiquity*. 2013. V. 87. № 335. P. 178.
<https://doi.org/10.1017/S0003598X00048705>
14. *Colombini M.P., Modugno F., Ribechini E.* // *J. Mass Spectrom.* 2005. V. 40. № 7. P. 890.
<https://doi.org/10.1002/jms.865>
15. *Kimpe K., Jacobs P.A., Waelkens M.* // *J. Chromatogr. A.* 2001. V. 937. № 1–2. P. 87.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01304-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01304-8)
16. *Evershed R.P., Vaughan S.J., Dudd S.N., Soles J.S.* // *Antiquity*. 1997. V. 71. № 274. P. 979.
<https://doi.org/10.1017/S0003598X00085860>
17. *Сюткин П.П., Сюткина О.А.* Непридуманная история русских продуктов от Киевской Руси до СССР. М.: АСТ, 2014. 490 с.
18. *Ломтадзе Г.А.* С Миридата дует ветер. Боспор и Причерноморье в античности. М.: Университет Дмитрия Пожарского. 2015. 151 с.
19. *Паромов Я.М.* // *Боспорский сборник*. 1994. № 4. С. 148.
20. *Ломтадзе Г.А., Камелина Г.А.* // *Древности Боспора*. 2008. Т. 12. Ч. II. С. 340.
21. *Яцишина Е.Б., Пожидаев В.М., Васильева О.А. и др.* // *Тонкие химические технологии*. 2019. Т. 14. № 4. С. 45.
<https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-4-45-58>
22. *Пожидаев В.М., Сергеева Я.Э., Зайцева И.Е., Яцишина Е.Б.* // *Булл. сообщ.* 2019. Т. 58. № 4. С. 146.
23. *Tulloch A.P.* // *Lipids*. 1970. V. 5. № 2. P. 247.
<https://doi.org/10.1007/BF02532476>