

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СВИНЦА В СОСТАВЕ АНТИЧНОЙ КЕРАМИЧЕСКОЙ СКУЛЬПТУРЫ ИЗ КЕРЧЕНСКОЙ БУХТЫ

2020 г. П. К. Кашкаров^{1,2,3}, М. В. Ковальчук¹, Н. А. Макаров⁴,
Е. Б. Яцишина¹, Э. А. Грешников¹, А. А. Анциферова^{1,2}, П. А.
Волков¹, Л. И. Говор¹, С. В. Ольховский⁴, Н. Н. Преснякова¹,
Р. Д. Светогоров¹

¹ *Национальный исследовательский центр «Курчатовский
институт», Москва, Россия*

² *Московский физико-технический институт,
Долгопрудный, Россия*

³ *Московский государственный университет им. М.В.
Ломоносова, Москва, Россия*

⁴ *Институт археологии РАН, Москва, Россия*



Летом 2016 при строительстве опор Крымского моста экспедицией ИА РАН, под водой, был найден фрагмент античной крупной терракоты. Она была обнаружена среди перемещенных в 1970-е годы, при углублении дна, из района Керченской гавани, многочисленных керамических фрагментов.



Место находки античной терракоты



В результате проведенного комплексного исследования было установлено

Античная терракота:

1. Имела осмоленные волосы, бороду и усы.
2. Также при окраске волос использовался железисто- марганцевый краситель темно-коричневого цвета
3. Губы были окрашены красным охристым пигментом, нанесенным на загипсованную поверхность.
4. Краситель лица и глаз остался неизвестен из-за утрат во время пребывания в воде.



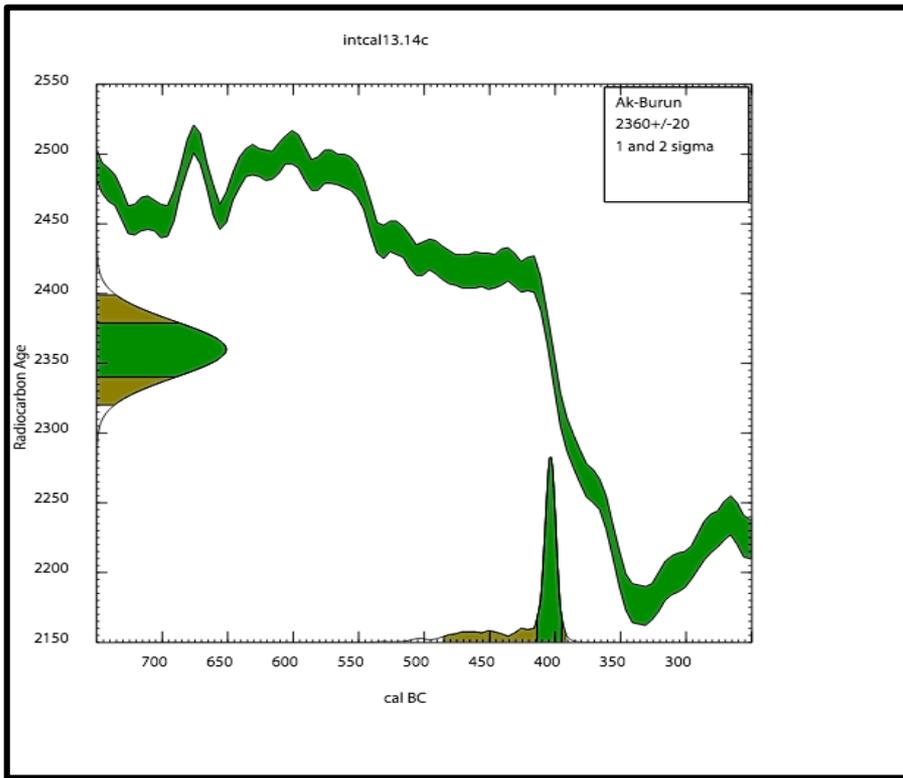
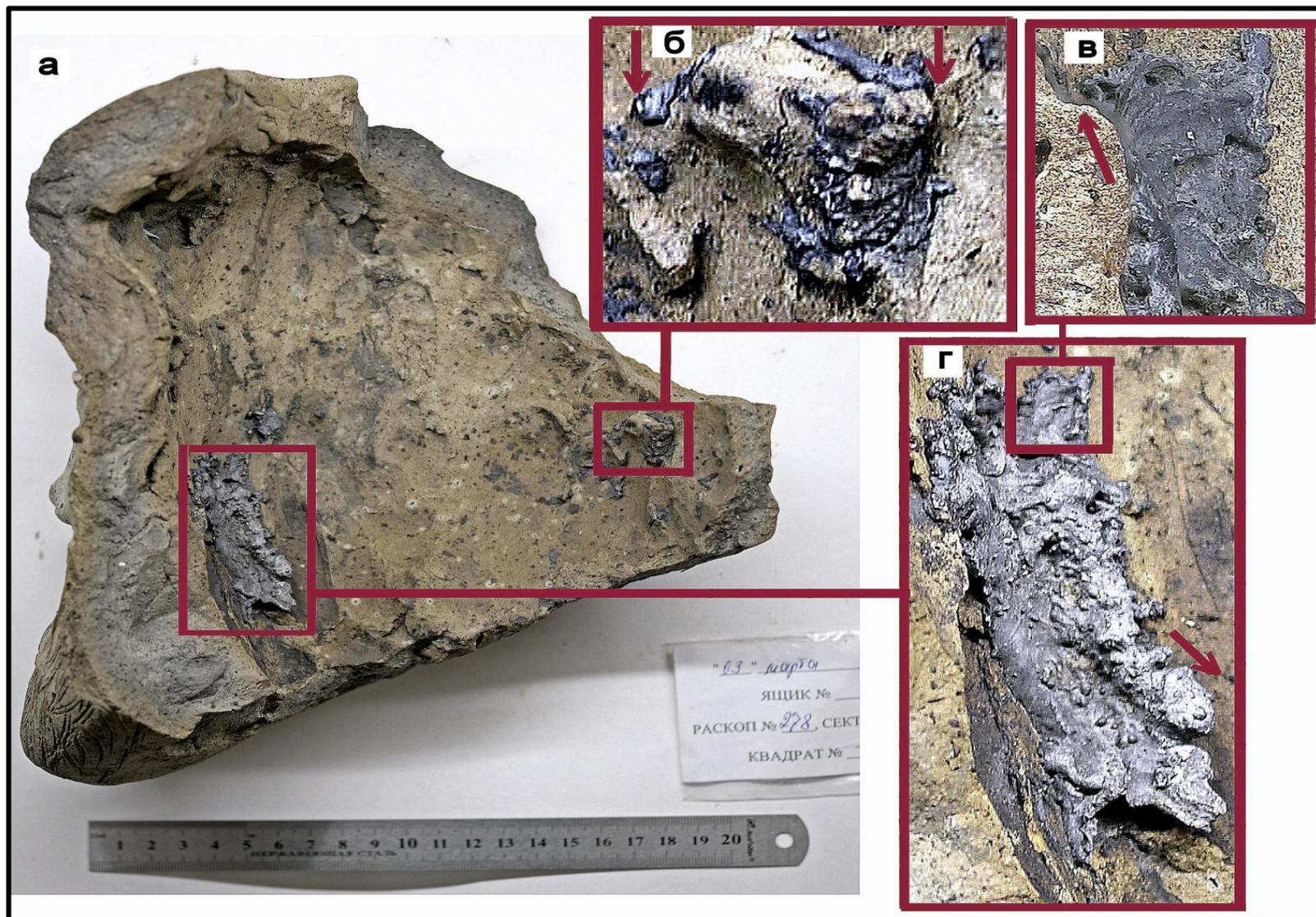


График радиоуглеродного анализа образца смолы с поверхности терракоты. Результаты AMS-датирования образца смолы терракотовой головы (Центр изотопных исследований Джорджии, США, Иллинойс)

ПРОГРАММА РАДИОУГЛЕРОДНОЙ КАЛИБРОВКИ: CALIB REV7.1.0 1986-2018 M Stuiver and PJ Reimer

1.Sample	Lab. No	Material	$\delta^{13}C$, ‰	Analysis
<i>Ak-Burun</i>	<i>UGAMS 42221</i>	<i>Resin</i>	<i>-25,40</i>	<i>Radiocarbon</i>
2.Conventional radiocarbon age BP	pMC	2-sigma calibrated result	1-sigma calibrated result	Median probability
<i>2360+/-20</i>	<i>74,56</i>	<i>Cal 484-391 BC 95,4 %</i>	<i>cal 414-395 BC 68,3 %</i>	<i>-407 BC</i>

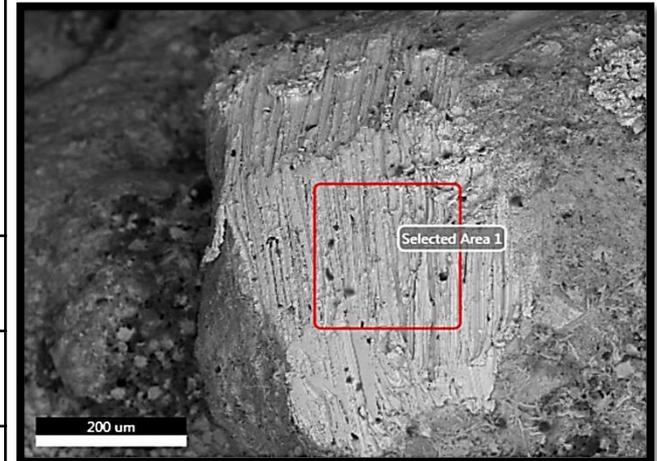
Обнаружены металлические наплавы внутри терракоты



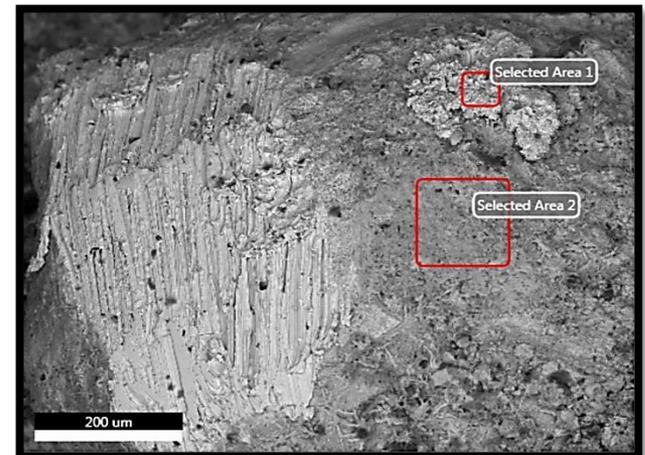
Элементный состав образца металла по данным ЭРМ.

Химические элементы	Неочищенная поверхность, весовые %	Срез пробы, весовые %
O	5.3	-
Na	0.9	-
Al	0.5	-
Si	2.0	-
Cl	11.5	-
Ca	0.9	-
Fe	0.8	-
Pb	78	100

Срез



Неочищенная поверхность



Состав микроэлементов свинца изучали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) на приборе iCAP6300 duo, Thermo (для калибровки использовали многоэлементные стандарты фирмы High purity standards ICP-AM-6 и ICP-MS-68) , а изотопный состав образца методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП) на приборе ELAN DRC-e (II) Perkin Elmer (для калибровки использовали стандарт изотопного состава свинца: NIST Standard Reference Material 981 с содержанием изотопов: ^{204}Pb -1.4255 %; ^{205}Pb -24.1442 %; ^{207}Pb -22.0833 %; ^{208}Pb -52.3470 %)



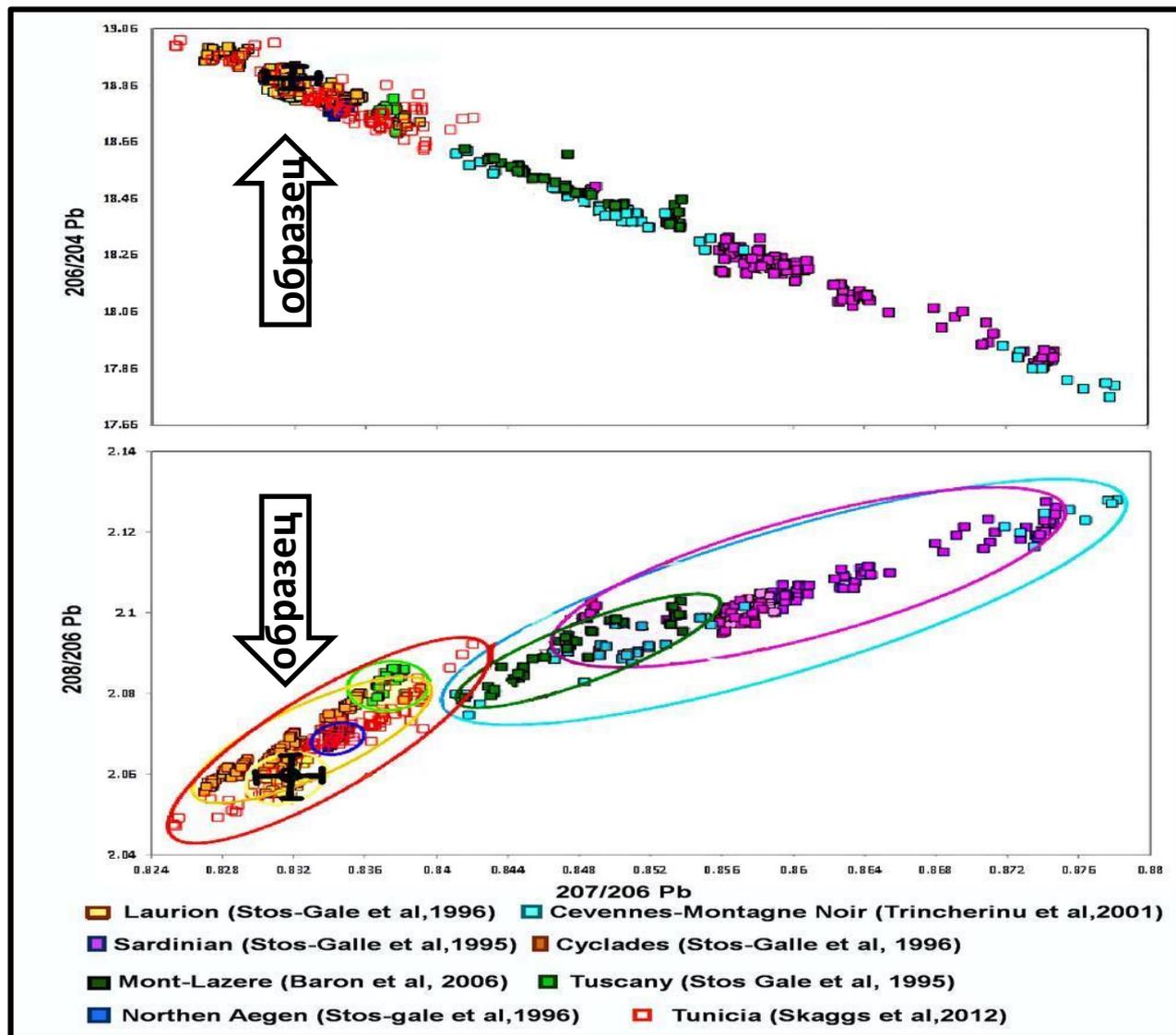
Элементный состав микропримесей образца свинца, определенный методами АЭС-ИСП и МС-ИСП. Для определения концентраций *Li, B, Na, Si, K, Ca* и *Ti* применялся метод АЭС-ИСП, для определения остальных элементов МС-ИСП (средняя погрешность определения содержания элементов в материале пробы составила 15%)

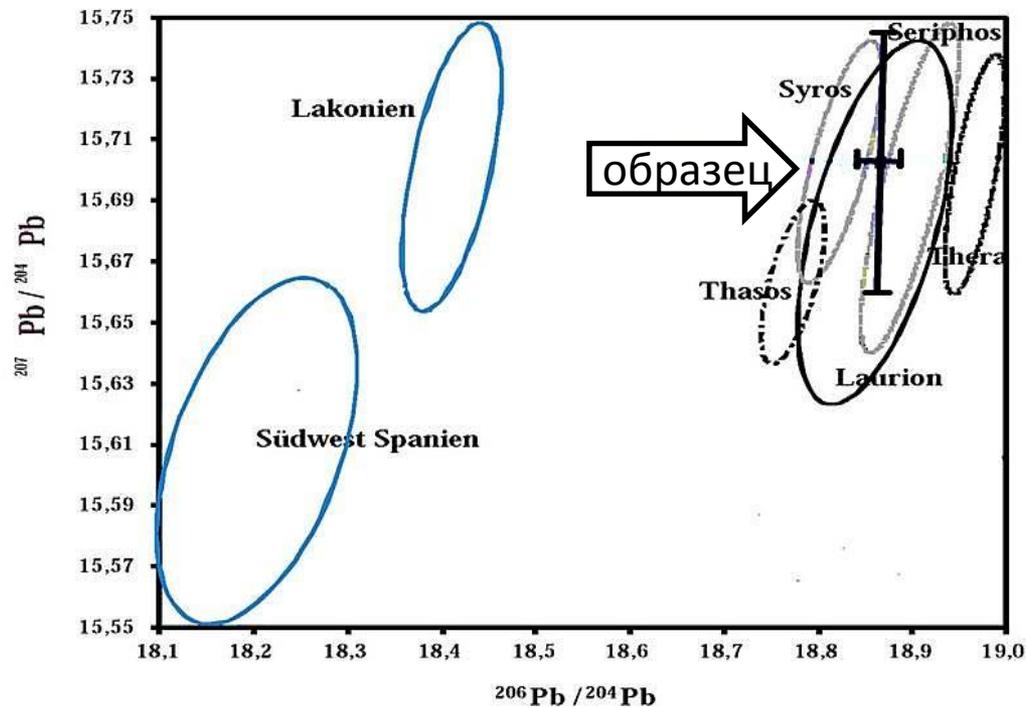
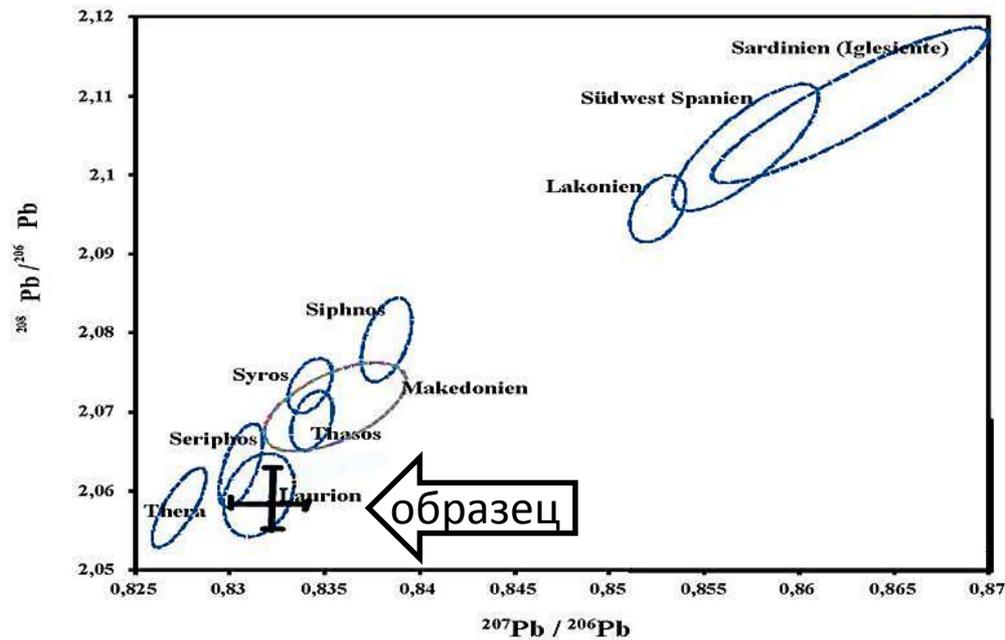
Химические элементы с концентрацией от 0,1 до 1000 мг/кг																
Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Y	Rh
400	260	77	180	95	670	5	11	280	1,2	27	650	2,3	4,5	12	1,2	15
Химические элементы с концентрацией от 0,1 до 1000 мг/кг																
Ag	Sb	Ba	Bi	Mo	Ce	B	Li	Sc	Zr	Te	V	Cr	La	Nd	Se	Hg
13	67	6,4	0,6	0,8	0,8	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Микроэлементы с концентрацией <0,1 мг/кг: Be, Ga, Ge, Rb, Nb, Ru, Pd, Cd, In, Sn, Cs, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Tl, Th, U																

Соотношения изотопов Pb – Pb образца (с учетом погрешностей). SD_1 – стандартное отклонение величины относительного содержания изотопа в образце (общее содержание изотопов свинца нормировано на 100%), SD_2 – стандартное отклонение величины изотопного соотношения Pb – Pb (рассчитано из SD_1 для отдельных изотопов); нижняя и верхняя границы – диапазон попадания истинного значения шириной $2SD_1$, рассчитанный по 2σ критерию, для отдельных изотопов и $2SD_2$ для отношения изотопов. В этом случае истинные значения попадают в указанный интервал с вероятностью > 90%.

Изотопы Pb образца		SD_1 , %	$2SD_1$, %	нижняя граница	верхняя граница
204	1,3432	0,0004	0,0009	1,3423	1,3441
206	25,350	0,013	0,026	25,324	25,376
207	21,092	0,025	0,050	21,042	21,142
208	52,214	0,025	0,050	52,164	52,264
Отношения изотопов Pb-Pb образца		SD_2 , ед.	$2SD_2$, ед	нижняя граница	верхняя граница
206/204	18,874	0,011	0,022	18,852	18,896
207/204	15,703	0,019	0,038	15,665	15,741
208/204	38,874	0,022	0,044	38,830	38,918
204/206	0,052984	0,000032	0,000064	0,052920	0,053048
207/206	0,83202	0,00110	0,00220	0,82982	0,83422
208/206	2,0597	0,0015	0,0030	2,0567	2,0627

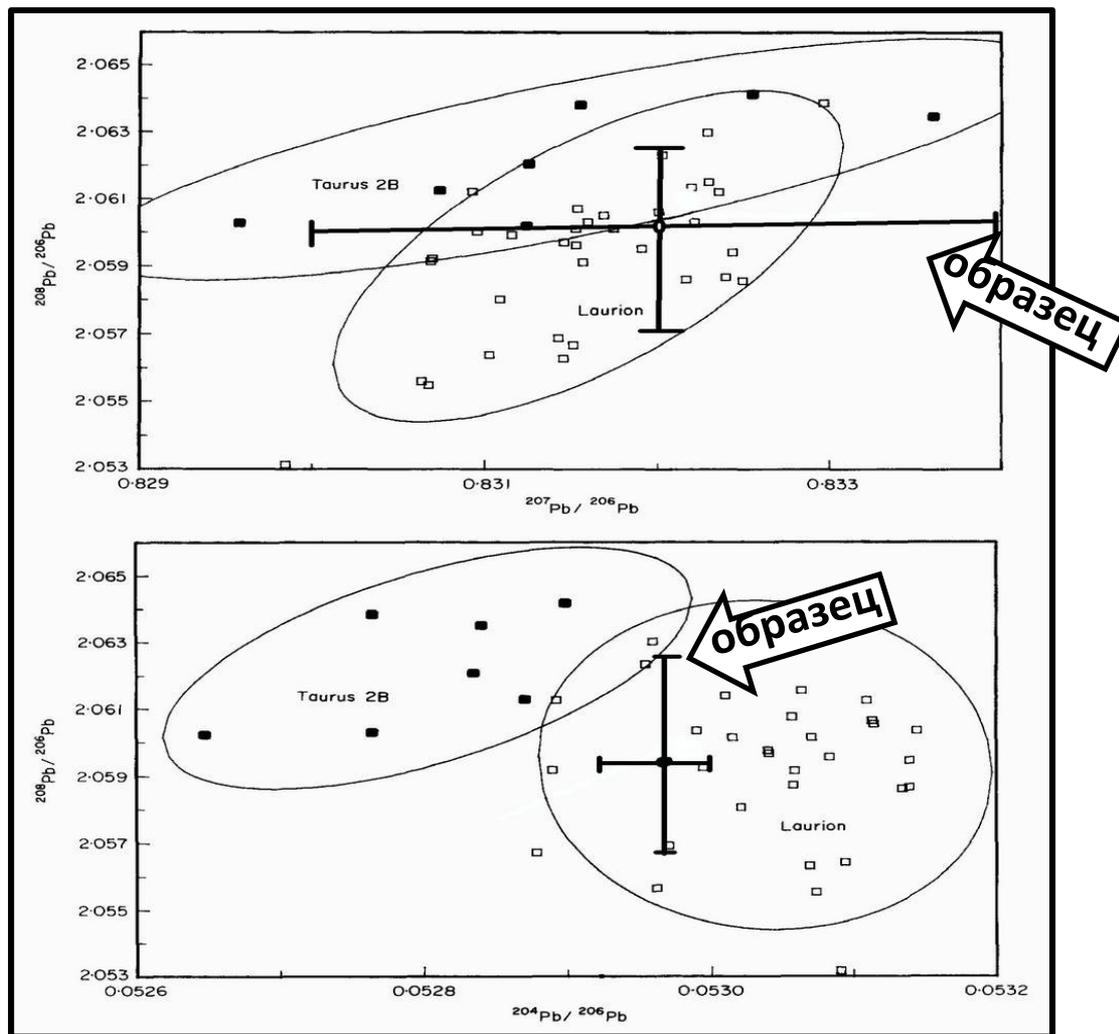
Двумерные диаграммы изотопных полей рудных месторождений Средиземноморья. Изотопные соотношения $Pb-Pb$ руд представлены в точечном виде. В нижней диаграмме используется метод «охватывающих эллипсов» (кластеров, объединяющих наиболее близкие руды).

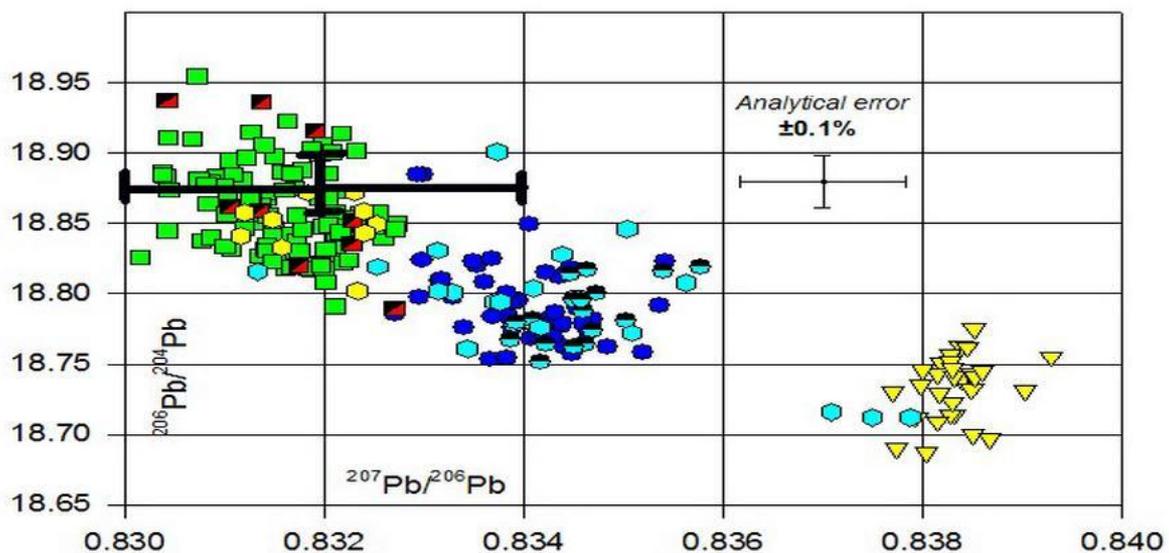
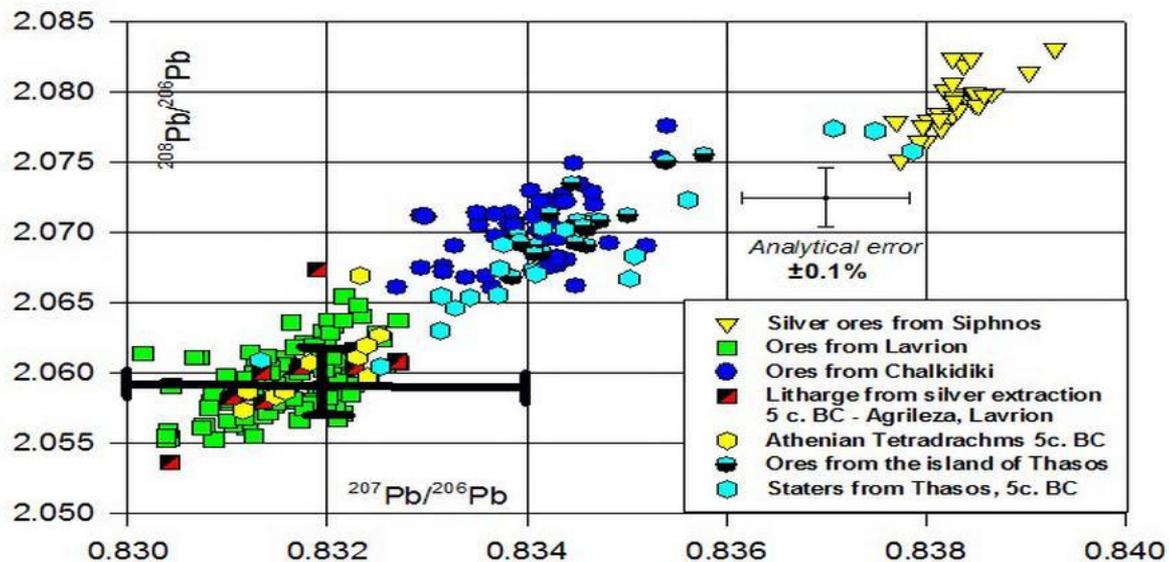




Изотопные
 диаграммы
 отношений
 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ к
 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ и
 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ к
 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
 образца и
 свинецсодержащих
 руд Эгейды и
 Западного
 Средиземноморья
 эпохи железного века.

«Охватывающие эллипсы» изотопных отношений $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ к $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ и $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ к $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ руд «Taurus 2B» (Центральная Турция), Лавриона (Греция) и изотопная метка образца.



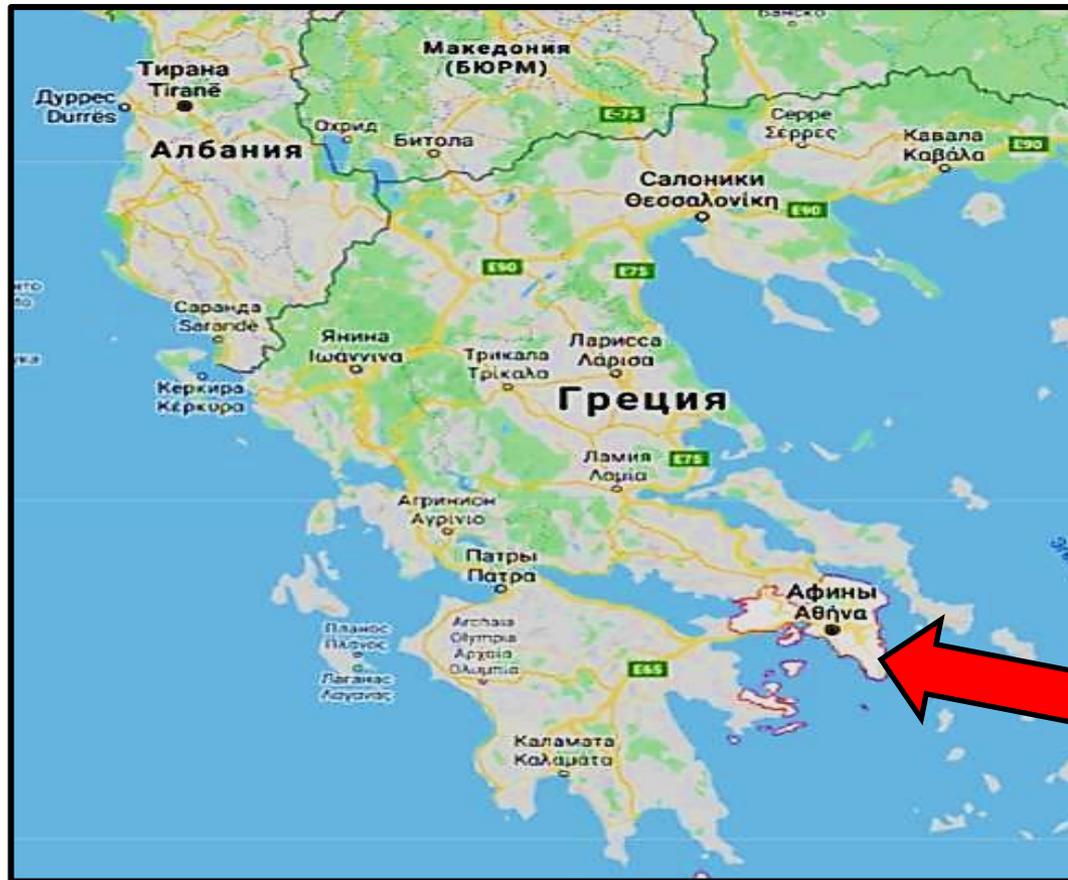


Двумерные диаграммы изотопных отношений $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ к $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ и $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ к $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ образца и руд из шахт Лавриона, п-ва Халкидика, островов Сифноса и Фасоса, а также афинских и фасосских серебрянных монет и фрагментов продукта купеляции – литаргита V в. до н.э.

Изотопные соотношения Pb-Pb образца свинца и галенитовых и полиметаллических руд Аттики, располагающиеся в пределах стандартного отклонения измерений образца (2SD).

Образец, место находки, тип руды	Соотношения свинцовых изотопов				
	Pb207/206	Pb 206/204	Pb 207/204	Pb 208/204	Pb208/206
Фрагмент свинцового напыла терракоты	0,83202	18,874	15,703	38,874	2,0597
Лаврион, Аттика (материковая Греция)					
K19, Лаврион, шахта Камареса, малахит, азурит	0,83196	18,868	15,697	38,848	2,05891
L4, Лаврион, шахта Камареса, кабрерит	0,83134	18,875	15,692	38,886	2,06020
TG60A-1, Лаврион, шахта Камареса, галенит	0,83127	18,865	15,682	38,837	2,05867
TG60A-2, Лаврион, шахта Камареса, церуссит	0,83104	18,895	15,703	38,899	2,05871
B5, Лаврион, шахта Плака, галенит	0,83127	18,882	15,696	38,888	2,05951
60-I-2, Лаврион, шахта Торикос, галенит	0,8314	18,86	15,68	38,85	2,060
60-I-3, Лаврион, шахта Торикос, галенит	0,8314	18,86	15,68	38,85	2,060

Возможный источник руды – Аттика (Греция), месторождение Лаврион



Источник руды

При подготовке материалов презентации использованы данные публикаций:

Gomes Susana Alves de Sousa e Silva Análise Isotópica do Pb em Metais Arqueológicos por ICP-QMS // Mestrado em Química Dissertação Mestrado em Química Tecnológica Ramo de Química Tecnológica. Universidade de Lisboa faculdade de ciencias departamento de chimica e bioquimica, 2012, 133 p.

Bartelheim M., Horejs B., Krauß R. Von Baden bis Troia; Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer; eine Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka // hrsg. von Martin Bartelheim, Rahden // Westf alen: Leidorf, Oriental and European Archaeology, 2016, Bd. 3, 536 P

Yener K.A., Sayre E.V., Joel E.C., et al. Stable Lead Isotope Studies of Central Taurus Ore Sources and Related Artifacts from Eastern Mediterranean Chalcolithic and Bronze Age Sites // Journal of Archaeological Science, 1991, Vol. 18, 5, P. 541.

Gale N.H., Gentner W., Wagner G.A. Mineralogical and Geographical Silver Sources of Archaic Greek Coinage. In D.M. Metcalf, (ed.) // Roy. Num. Soc. Special Publication 1980. No.13, Metallurgy in Numismatics I, London, 3-50.

Gale, N.H., Picard, O., Barrandon N. The archaic Thasian silver coinage // In Wagner G.A. and Weisgerber G. eds. Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thasos. Der Anschnitt Beiheft 6, Deutschen Bergbau-Museums, Bochum, 1988, P.212-223

A также материалы электронных баз данных OXALID, Brettscaille. Net

Исследования продолжаются.

Намечено изучение происхождения глиняного сырья.

Благодарим за внимание