© 2026 Н. В. Хохлов
Москва, Россия
© 2026 С. Дзини
Москва, Россия

СЕРЕБРЯНЫЙ ЗВОН КОЛОКОЛОВ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ (ЧАСТЬ 2)

Аннотация. Металлурги Средневековья определили, что для производства прочных и звонких колоколов классический сплав колокольной бронзы должен состоять из 80% чистой меди и 20% олова. Существует тем не менее множество исторических свидетельств и легенд о том, что мастера-литейщики добавляли в бронзу серебро. Этот секрет позволял создавать колокола с удивительной мелодичностью и глубиной звука. Чтобы выяснить истинную роль серебра, мы исследовали колокола разных эпох с помощью современных технологий. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) колокольной бронзы выявил во многих образцах серебряный компонент, содержание которого варьируется в среднем от 0,35% до 1,2%. Запись аудиотреков позволила детально сравнить их акустические характеристики. Исследования доказали, что введение серебра носило целенаправленный характер. Мастера знали, что такой сплав улучшает акустические свойства и наделяет звон лечебными свойствами. В статье представлены подробные данные о химическом составе и акустике колоколов, раскрывающие новые особенности технологии их производства.

Ключевые слова: колокола, колокольная бронза, медь, олово, свинец, серебро, серебряный звон, колокольный звон, церковные колокола, серебряные колокола, РФА, акустические свойства.

Ссылка при цитировании: Хохлов Н. В., Дзини С. Серебряный звон колоколов – миф или реальность (часть 2) // Традиции и современность. 2026. № 46. С. 104–116

Публикуется в соответствии с планом НИР ИЭА РАН, тема «Визуальная, цифровая и медиа-антропология в сохранении и презентации историко-культурного наследия»

Хохлов Никита Викторович (**Khokhlov Nikita Viktorovich**) – научный сотрудник Института этнологии и антропологии РАН, эл. почта: ethno@yandex.ru
Дзини Стефания (**Zini Stefania**) – кандидат исторических наук, научный сотрудник Института этнологии и антропологии РАН, эл. почта: stefania.zini@yandex.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7288-9422

Научный православный журнал «Традиции и современность». 2026. № 46. С. 104–116
ISSN 2687-1122; **ISSN 2687-119X** || http://naukapravoslavie.ru
УДК – 7.011.26; **ББК – 85.125.4**; https://doi.org/10.33876/2687-119X/2026-46/104-116

Для определения присутствия или отсутствия серебра (Ag) в колокольной бронзе мы применили метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), который позволяет быстро, точно и без разрушения изучаемого объекта выявить состав и концентрацию в нем химических элементов от натрия (Na) до урана (U) (ПМА 1; ПМА 2).

Среди большого количества проанализированных колоколов (более 50), отлитых за последние 600 лет и существующих до сих пор в разных городах, мы решили привести в качестве примера результаты РФА 16 колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры.



РФА колоколов колокольни Свято-Троицкой Сергиевой Лавры

Наш выбор обусловлен тем, что эти колокола, находящиеся в рабочем состоянии в одной колокольне, наглядно показывают особенности состава колокольной бронзы, отлитой в разное время с XV по XXI в. По литературным и архивным данным, самый старший колокол, «Чудотворцев», был отлит в 1420 г., а «Царь», самый современный, – в 2003 г. (*Филимонов* 2022).

Анализируя результаты, представленные в таблице, важно отметить, что только в одном из 16 исследуемых колоколов соблюдены пропорции состава классической колокольной бронзы (80% меди (Cu) и 20% олова (Sn)), описанные в известных трактатах прошлого. Речь идет о колоколе «Благовестник», отлитом в 2002 г. Анализ выявил 78,97% меди (Cu) и 20,39% олова (Sn), хотя также присутствуют незначительные примеси железа (Fe), титана (Ti) и вольфрама (W).

В составе колокольной бронзы колоколов «Первенец» и «Царь», отлитых в 2002 и 2003 гг. по классической технологии, пропорции медь-олово (4:1) не соблюдены. В колоколе «Первенец» выявлено 73% меди (Cu) и 22% олова (Sn), а также примеси кремния (Si), фосфора (P), серы (S), титана (Ti), вольфрама (W) и сурьмы (Sb). Колокол «Царь» имеет в своем составе всего лишь 69% меди (Cu) и 20% олова (Sn) и большое количество примесей: кремния (Si), свинца (Pb), алюминия (Al), марганца (Mn), фосфора (P), серы (S), селена (Se), хрома (Cr), железа (F), титана (Ti) и вольфрама (W).

Подобную картину показывают результаты РФА остальных колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, а также большинства исследованных нами колоколов. Поэтому, если говорить о чистоте металла в сплаве колокольной бронзы, сразу возникают следующие принципиальные вопросы. Действительно ли для отливки прочного и звонкого колокола нужно строго придерживаться идеальных, классических пропорций медь-олово 4:1, как утверждали металлурги Средневековья? И если даже при наличии современных технологий это соотношение редко соблюдается, то как справлялись с этой задачей колокольные мастера прошлого?

Рентгенофлуоресцентный анализ исследуемых нами колоколов также показал, что использование серебра (Ag) в колокольной бронзе являлось широко распространенной практикой. Среди колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры наличие серебра особо заметно в трех колоколах: в колоколе «Чудотворцев», также известном как «Никоновский» (1420 г.), в колоколе «Лебедь» (1594 г.) и в безымянном колоколе под условным названием «колокол № 4». Дата его отливки неизвестна, но по информации, переданной звонарями, это может быть 1781 г. Во всех колоколах доля серебра практически одинакова и составляет от 0,34% в нижней части колокола (юбка) до 1,2% в его верхней части (корона).

Как во всех предыдущих случаях, в этих трех колоколах классический состав колокольной бронзы (медь-олово 4:1) не соблюден. Кроме серебра (Ag), в колоколе «Чудотворцев» выявлено 56% меди (Cu) и 27% олова (Sn), в «Лебеде» 65% и 27% соответственно, а также большое количество примесей. В колоколе № 4 – 74,8% меди (Cu) и 12,5% олова (Sn), 6,9% свинца (Pb), 2,76% фосфора (P), 2,4% железа (Fe), 0,6% сурьмы (Sb), 0,13% никеля (Ni) и 1,27% кремния (Si).

В остальных колоколах Свято-Троицкой Сергиевой Лавры мы также зафиксировали небольшое присутствие серебра. Хотя количество найденного серебра зачастую весьма незначительно, следы этого драгоценного металла в колокольной бронзе почти всегда превышают естественные примеси в рудах. Это доказывает, что в прошлом серебро до-

Колокол	Год изг.	Вес	Cu	Sn	Zn	Pb	Ag	Si	Al	Mn	Sb
Царь	2003	72000	69,559	19,943	0	0,023	0,068	2,348	0,782	0,105	0
Первенец	2002	27000	73,058	22,67	0	0	0,087	1,034	0	0	0,042
Благовестник	2002	35500	78,969	20,389	0	0	0,077	0	0	0	0,019
Лебедь	1594	10250	62,329	27,62	0,048	2,51	0,372	2,506	1,762	0	0,549
Чудотворцев	1420	820	56,425	26,915	0	2,264	0,341	4,348	1,354	0	1,327
ак1	1598	650	74,488	15,309	0	0,412	0,152	0,823	0	0	0,309
ак2	1649	850	71,412	16,358	0,248	10,306	0,181	0,41	0	0,016	0,048
1907	1907		53,797	19,092	1,688	2,563	0,106	11,183	6,555	0,02	0,249
№1	1781	12	65,079	25,509	0,266	3,591	0,145	0,944	0,908	0	0,128
№2	1781	14	63,906	26,092	0,195	3,163	0,193	0,548	1,41	0	0,242
№3	1781	11	68,071	24,975	0,06	2,685	0,148	0	0	0,018	0,139
№4	1781	33	74,862	12,538	0	6,969	0,354	1,267	0	0	0,622
№5	1781	39	67,819	23,541	0,231	3,463	0,132	0,711	0,939	0,018	0,087
№6	1781	48	60,838	24,646	0,024	5,492	0,119	0,962	1,029	0,013	0
№7	1781	52	65,365	26,299	0,341	4,323	0,092	0	0,526	0	0,201
№8	1781	100	67,005	22,828	0,119	4,965	0,131	0,368	0,164	0	0,078
Колокол с трещиной		47	66,703	21,695	0,114	2,508	0,116	4,552	2,095	0	0,076

P	S	Se	Cr	Fe	Ni	Ti	V	W	Co
0,707	5,355	0,252	0,026	0,696	0	0,143	0	0,061	0
0,184	2,072	0	0	0,733	0	0,138	0	0,069	0
0,067	0	0	0	0,357	0	0,091	0	0,108	0
1,084	0	0,011	0	0,871	0,145	0,185	0	0,008	0
1,537	0,169	0,014	0,013	2,702	2,269	0,237	0,025	0,06	0
0	7,321	0	0	1,272	0	0,033	0	0,033	0
0,008	0	0	0	1,107	0	0,06	0,016	0	0,011
2,963	0	0	0	1,705	0	0,185	0	0	0
0,692	0	0	0	2,758	0,059	0,066	0	0	0
0,185	0	0	0	4,189	0,041	0	0,029	0	0
0	0	0	0	3,885	0,046	0,121	0	0	0
0,863	0	0	0	2,381	0,048	0,08	0,016	0	0
0,152	0	0	0	2,861	0,045	0,115	0,018	0	0
0,309	0	0	0	6,525	0	0,121	0,019	0,022	0
0,063	0	0	0	2,711	0,057	0,097	0,017	0	0
0,149	0	0	0	4,097	0,048	0,145	0,034	0	0
1,193	0	0,008	0	0,735	0,127	0,194	0	0	0

Таблица результатов химического анализа 16 колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры

бавлялось в колокольный сплав на довольно регулярной основе, вероятно в более значительных количествах.

К подобному предположению нас привела большая концентрация свинца (Pb) – от 2,3 до 10,3% – в исследованных колоколах.

Известно, что добавление свинца отрицательно сказывается на акустических свойствах колокольной бронзы. Свинец имеет способность гасить низкочастотные колебания и ударные вибрации, из-за чего колокол теряет звонкость, а его голос становится «глухим».

Современные стандарты для колокольной бронзы предписывают не более 0,05% свинца (Pb), что можно считать технологически чистым сплавом, гарантирующим наилучшее музыкальное качество колокольного звона (*Шариков, Чурсин, Калашников* 2011). Мастера прошлого стремились к этому идеалу, но редко его достигали, стараясь в любом случае придерживаться старинных рецептов, допускающих не более 1,5% свинца (Pb) в колокольной бронзе, что считалось примесью природного характера (*Давыдов* 2005). Литейщики Средневековья также знали, что при нагревании свинец (Pb) не растворяется в меди (Cu). После остывания сплава свинец стремится выделиться в виде отдельных включений. Это явление (ликвация) нарушает однородность структуры колокольной бронзы, делая колокол более уязвимым к растрескиванию при ударе языка.

Учитывая, что уже в старину было известно пагубное влияние свинца на качество колокольной бронзы, возникает естественный вопрос: почему же во многих старинных колоколах мы сегодня находим большое количество свинца? В большинстве исследуемых колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, например, количество выявленного свинца (Pb) в колокольной бронзе варьируется от 2,5 до 10%. Вариант ответа может быть только один: колокола переплавлялись для повторного использования материалов, в частности для извлечения серебра (Ag) из колокольной бронзы.

Немецкий учёный Георг Агрикола (Georgius Agricola, 1494–1555) в своем труде «De re metallica libri XII», опубликованном впервые на латыни в 1556 г., подробно описал метод выделения серебра (Ag) из меди (Cu) с помощью свинца, без разрушения меди (*Agricolae* 1657: 393–438). Сначала

медно-серебряный сплав нагревали и плавили при температуре 700–800˚С с добавлением большого количества свинца (Pb). При остывании свинец поглощает серебро и застывает раньше меди, образуя легкоплавкий свинцово-серебряный сплав. Поскольку свинец и медь практически не растворяются друг в друге, в твердом виде они разделяются. Свинцово-серебряный сплав стекает вниз, из него отливают слитки (ковриги), в то время как обогащенная медь остается в печи. Полученные свинцово-серебряные слитки помещают в печь в пористый сосуд. При температуре 850–900˚С и принудительном обдуве воздухом свинец окисляется до оксида свинца (PbO), далее он впитывается в пористые стенки купели, а на дне остается серебро.



Портрет Георга Агриколы (1494–1555, немецкий католик, ученый, исследователь). Гравюра на дереве XIX в., созданная по мотивам анонимного портрета эпохи Возрождения. Автор: неизвестный мастер/иллюстратор, работавший для европейских научных изданий и энциклопедий примерно с конца 1860-х по 1880-е годы. Впервые была опубликована в 1877 г. в Лейпциге (Германия), позднее – в популярных немецких исторических антологиях, энциклопедиях и научных хрониках.

Метод купелирования Агриколы позволял эффективно отделять серебро (Ag), оставляя чистую медь (Cu), и был широко распространен среди колокольных мастеров-литейщиков XVI–XVIII вв. Высокое содержание свинца (Pb), которое сегодня выявляется во многих колоколах, – это «хвост» того самого технологического процесса, который использовался для извлечения серебра из первичного сплава.

Ответ на вопрос, почему колокола переплавляли для того, чтобы добыть серебро (Ag), а из получившегося богатого свинцом (Pb) сплава отливали новые колокола, лежит на стыке истории и приукрашивающих ее легенд. **(Рисунки №8, 9, 10)**

В источниках часто упоминается Указ Петра I 1701 г. о переплавке церковных колоколов на пушки. Однако до сих пор сам указ не был найден (*Седов* 2014), и многие считают, что это исторический миф, возникший из-за смешения нескольких реальных событий и указов.

При Петре I колокола изымались не столько для переплавки именно в пушки (колокольная бронза хрупка для стволов из-за высокого содержания олова), сколько для компенсации нехватки металла (ПСС 1830: 95–154). Важно подчеркнуть, что забирали лишь те колокола, которые не имели подписи, и еще старые разбитые, отслужившие свой век. Почему именно эти колокола так интересовали Петра I? Вероятно, потому что в них были не только медь (Cu) и олово (Sn), а также значительное количество серебра (Ag).

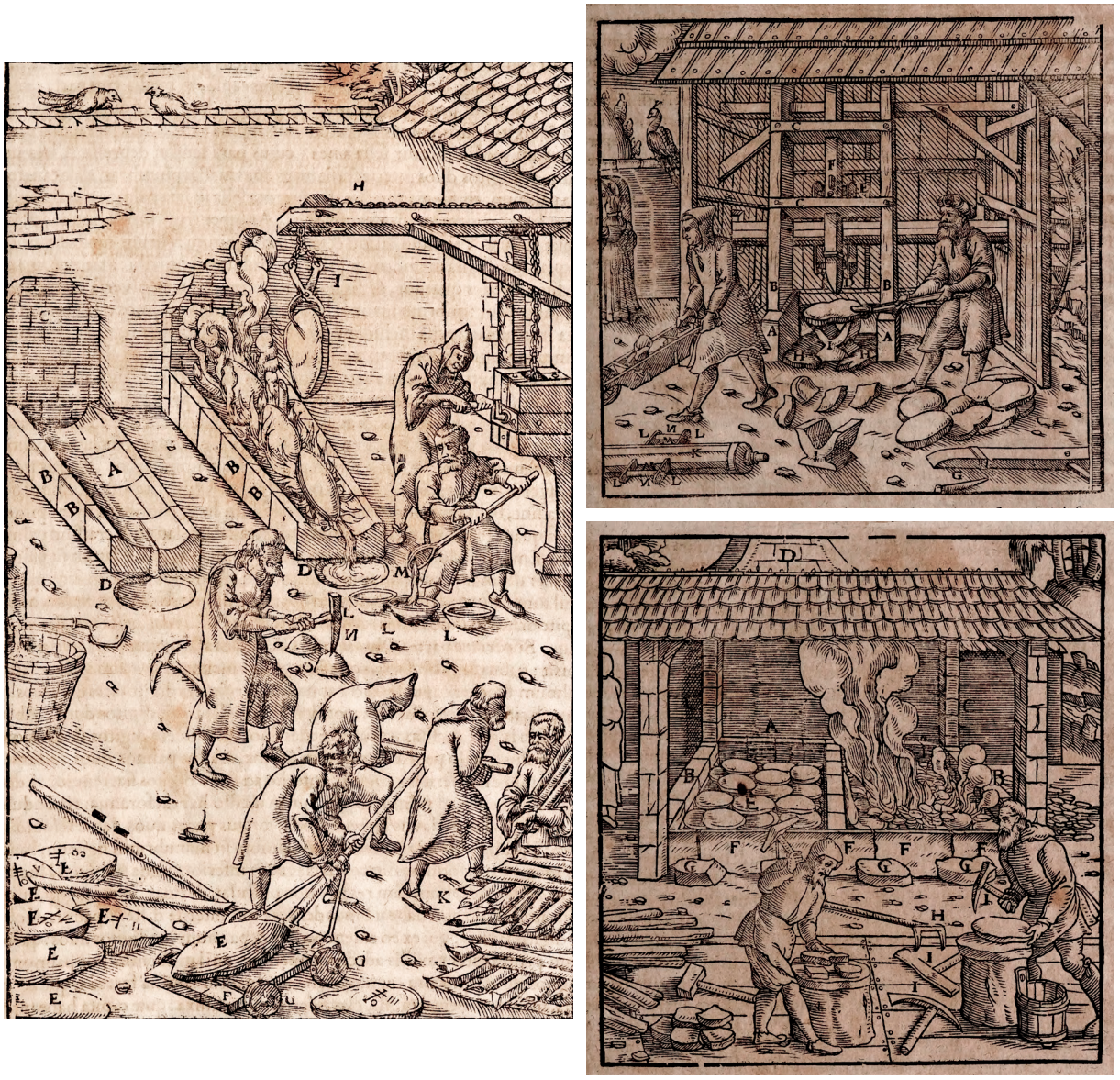
Шел 1701 г., в этот год Петром были задуманы не только идея возрождения артиллерии, но и монетная реформа, для которой нужны были медь и серебро. Также начиналось строительство Санкт-Петербурга. На этот огромный проект были нужны большие средства.

Второе массовое изъятие колоколов произошло в России в начале XX в. Эта трагическая страница истории связана с гонениями на Церковь и политикой индустриализации. Если говорить точно, массовое истребление колоколов как явление охватывает период конца 1920-х – начала 1930-х годов, хотя законодательная и «идейная» база для этого закладывалась с первых дней советской власти (*Козлов* 2024; *Табунщикова* 2017).

С колоколен снимали уникальные подборы колоколов. Часто их не спускали на веревках, а просто сбрасывали с высоты, отчего металл раскалывался. Гибли как маленькие зазвонные колокола, так и гигантские благовестники весом в сотни и тысячи пудов. Даже в тех храмах, что оставались открытыми, звонить запрещали директивно. Колокол превращался в «молчащий лом», который затем реквизировали «для нужд индустриализации».

Спаслись единицы. Некоторые колокола выкупались за границу, например, колокола Данилова монастыря, проданные в США, были спасены от переплавки. Несколько шедевров взяли музеи, но это были крохи от общего числа.

В результате этой кампании Россия лишилась подавляющего большинства своих исторических



Процесс купелирования. Иллюстрации из книги Георга Агриколы (*Agricolae* 1657 г.)

колоколов. Были уничтожены неповторимые по звучанию ансамбли, которые настраивались веками, и уничтожена технологическая преемственность литья. Например, знаменитые колокола-гиганты (такие как «Царь-колокол» Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, весом 65 тонн) были разбиты и проданы по кускам в Англию и Германию по цене драгметалла.

Нами было изучено влияние различных примесей на акустические свойства колоколов. По логике многих исследователей, только соотношение меди (Cu) и олова (Sn) 4:1 может давать хороший звук, но как мы показали на примере химического анализа колокольной бронзы 16 колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, это не соответствует действительности. В качестве примера мы решили сравнить частотные характеристики двух колоколов, одинаковых по весу и форме: колокола № 4 и колокола № 5. Также для сопоставления представим акустические спектры трех колоколов – № 4, № 5 и колокола с трещиной.

В частотном анализе звуковых спектров колоколов № 4 и № 5 мы выделили несколько пиков на частотах: колокол № 5 – 172,27 Гц (низкочастотный диапазон), 602,93 Гц (среднечастотный) и 1550,39, 2239,45, 2842,38 Гц (высокочастотный); колокол № 4 – 172,27 Гц (низкочастотный диапазон), 602,93 Гц (среднечастотный) и 1464,26, 2067,09, 2497,85 Гц (высокочастотный).

По стандарту A4=440 Гц, низкочастотный диапазон 172,27 Гц – это нижняя граница рабочего диапазона средних по размеру колоколов. Эксперты



Снятие колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры. 1930 г. Автор: М. М. Пришвин. Название: «Рабочие отдыхают в сброшенном колоколе» (в каталогах также встречается как «Внутри колокола полно ребятами, с утра до ночи колокол звонит»). Место фиксации: Московская обл., г. Сергиев Посад (Загорск), Троице-Сергиева лавра. Тематическая группа фонда: Фотоархив М. М. Пришвина, негативная пленка из цикла «Когда били колокола...». Место хранения: Отдел ГМИРЛИ «Дом-музей М. М. Пришвина в Дунине». Официальная оцифрованная копия внесена в Государственный каталог Музейного фонда РФ; электронная версия снимка доступна для публичного просмотра в национальном фотоархиве «История России в фотографиях» (russiainphoto.ru).



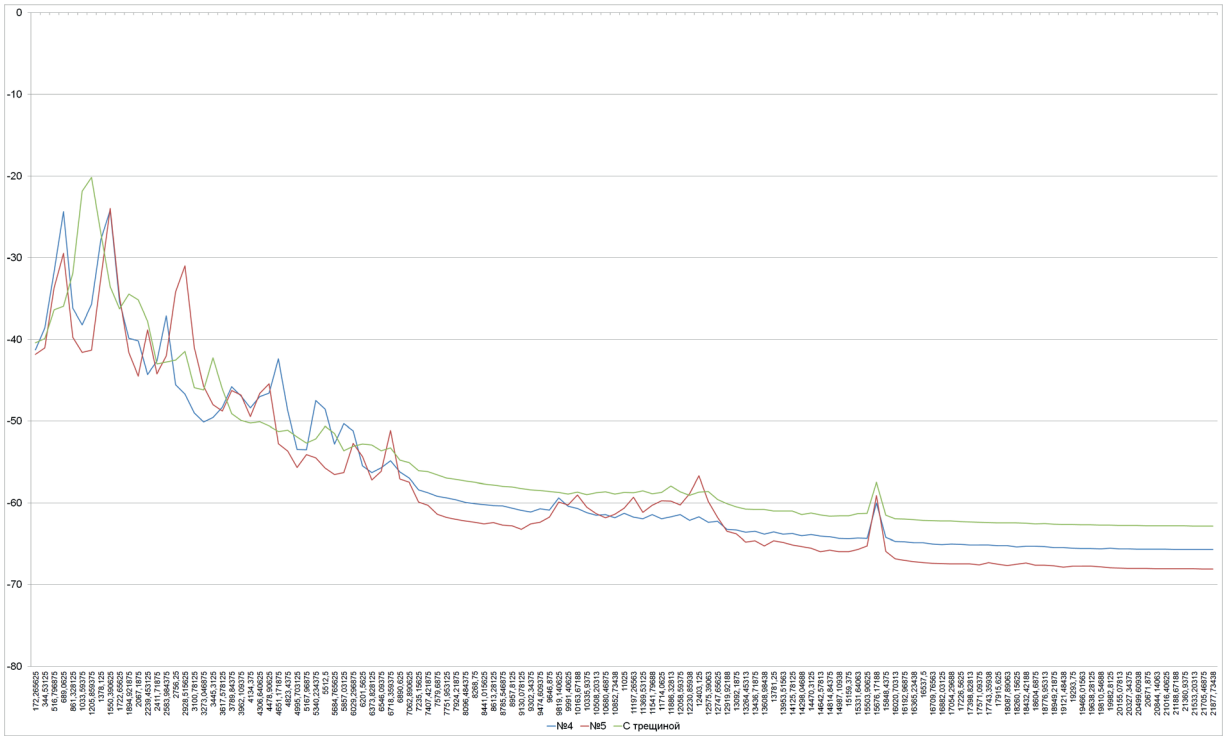
Снятие колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры. 1930 г. Автор: М. М. Пришвин. Название: «С утра до ночи колокол звонит» (официальное каталожное название в ГМИРЛИ им. В. И. Даля и архиве «История России в фотографиях»).



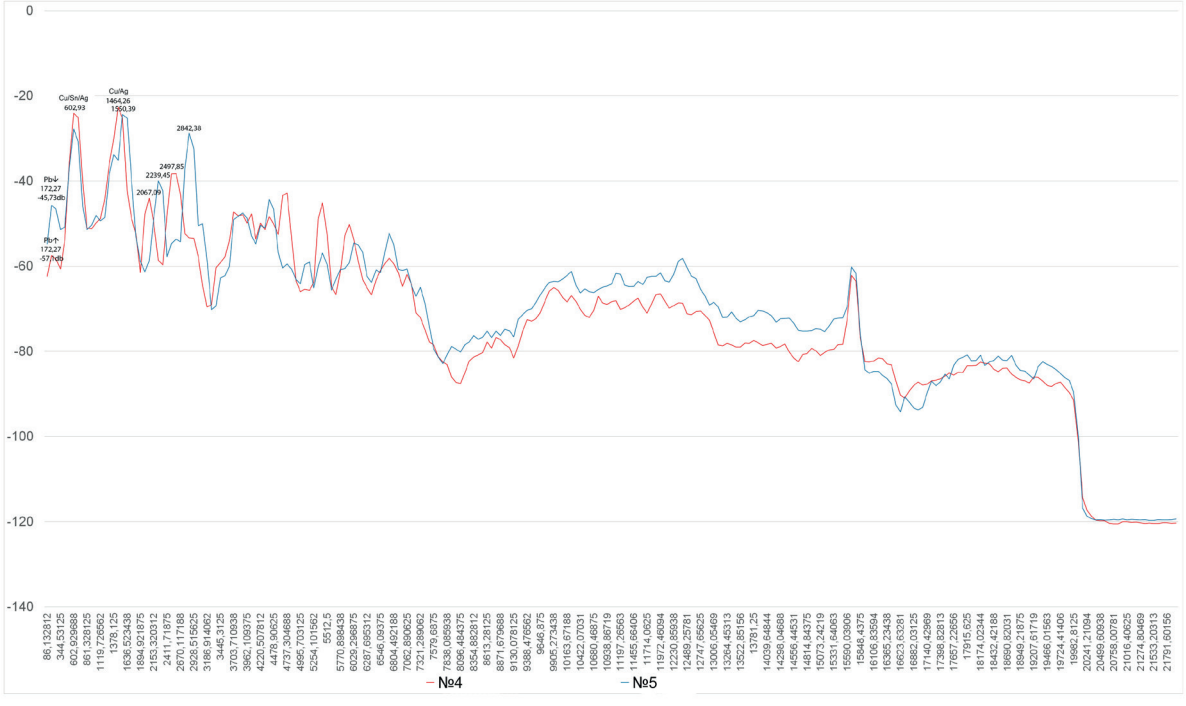
Снятие колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры. 1930 г. Автор: М. М. Пришвин. Название: «Члены бригады по заготовке цветного лома» (или «Рабочие “Рудметаллтреста” на фоне расколотых колоколов»).



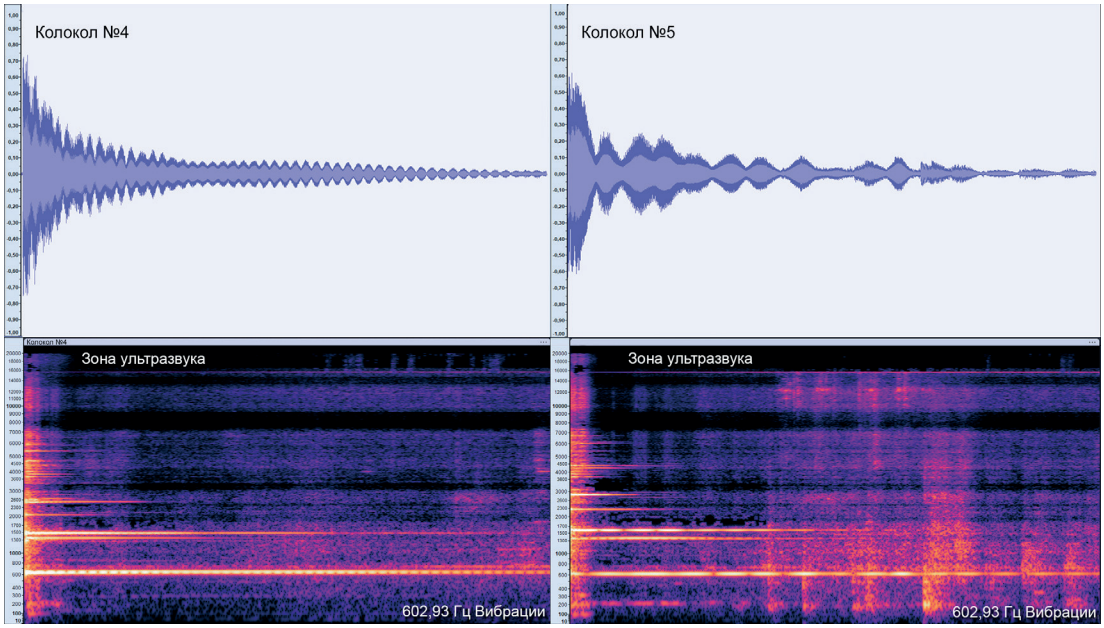
Снятие колоколов Свято-Троицкой Сергиевой Лавры. Царь-колокол. 1930 г.
Автор: М. М. Пришвин.



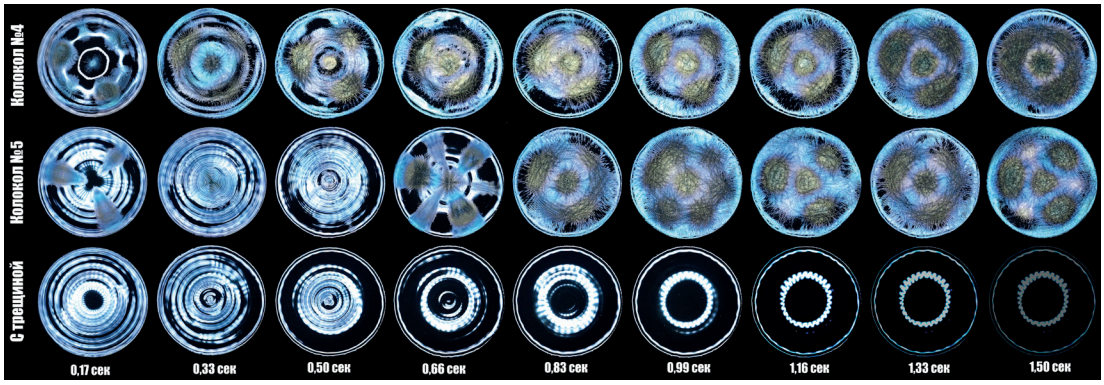
Акустические спектры колоколов № 4, № 5 и колокола с трещиной



Акустические спектры колоколов № 4 и № 5



Спектрограммы колоколов №4 и № 5.



Визуализация стоячих волн Фарадея (водный аналог фигур Хладни) в разных фазах удара колоколов №4, №5 и колокола с трещиной

отмечают, что основной диапазон церковных колоколов охватывает примерно полторы октавы – от 87 Гц до 247 Гц (*Флеминг* 1926; *Тосин* 2020).

Частота колоколов № 5 и № 4 172,27 Гц – это нота Ми большой октавы (E3). По акустике колоколов – это низкая и спокойная тональность. Колокола с основной нотой Ми звучат теплее и слитнее в общем звоне. Сравнивая два спектра исследуемых колоколов и содержание свинца (Pb) в сплаве, можно с уверенностью сказать, чем меньше свинца (Pb), тем сильнее звучит частота 172,27 Гц.

Частота 602,93 Гц в спектральном исследовании колоколов № 4 и № 5 – это не просто нота. В музыке это нота Ре-диез 5-й октавы (D#6/Eb6). Это акустический фундамент, на котором держится вся красота звона. Почему 602,93 Гц вибрирует долго и приятно?

Этот частотный пик колоколов № 4 и № 5 обладает тремя идеальными характеристиками. Во-первых, он находится как раз на стыке мужского и женского вокальных регистров. Во-вторых, человеческое ухо прекрасно его воспринимает, но без малейшего дискомфорта, который обычно вызывают частоты выше 2000 Гц. И наконец, этот звук воспринимается как очень приятный, объемный и певучий, напоминая по тембру виолончель или живой человеческий голос.

В колоколе № 4 свинец (Pb) в сплаве (6%) гасит низкий гул (172,27 Гц), но почти не влияет на затухание 602,93 Гц. Олово (Sn) (12,5%) + серебро (Ag)

(1%) создают упругую структуру, которая поддерживает колебания именно на этой частоте. А доля меди (Cu) 74,8% в колоколе № 4, в отличие от № 5, где его доля равна 68%, дает большее увеличение мощности звука на этой частоте, что видно из спектра. В результате мы слышим долгий, красивый «хвост» после удара – тон 602,93 Гц медленно затухает, создавая ощущение парения. Это приятная вибрация (отсутствие биений). Но, если бы рядом с пиком 602,93 Гц был дуплет (например, 599 и 605 Гц), мы бы слышали дрожание («вау-вау»). У нас этого нет, значит, пик чистый и стабильный. Вибрация ровная, успокаивающая, в отличие от колокола № 5.

Доминирование частоты 602,93 Гц в спектре затухания объясняется физическими свойствами сплава: свинец благодаря высокому внутреннему затуханию эффективно заглушил низкочастотные колебания, в то время как серебро способствовало увеличению длительности резонанса в среднечастотном диапазоне. Это не брак литья, это шедевр частотной фильтрации средствами металлургии XVI–XVII вв. На спектрограммах колоколов № 4 и № 5 видно различие вибраций на этой частоте. В зоне выше 16 000 Гц в спектрограмме колокола № 4 наблюдаются характерные всплески, способствующие лечебному звуковому воздействию.Частота 1464,27 Гц колокола № 4 находится в верхней части третьей октавы, ближе к четвертой. По стандарту A4=440 Гц это примерно нота Ре (D) или Ре-диез (D#) четвертой октавы (D5 = 1468 Гц; D#5 = 1556 Гц). Относительно 172 Гц: 1464/172=8,5 это не классический кратный обертон (как у струны), а специфический колокольный интервал. Относительно 602,92 Гц: 1464/602 = 2,42. Это чуть выше двойной октавы (2,42 против 2,0). Такой диапазон характерен для малых и средних колоколов, где высокие частоты не являются строгими гармониками низких. У колокола № 5 частота 1550,39 смещена на 86 Гц по отношению к колоколу № 4. Это Соль третьей октавы (G6, очень близко к 1568 Гц). Яркая и звонкая частота придает звучанию «мелодичность» и блеск. Терция (1550 Гц) – создает мажорное настроение. Относительно 172 Гц: 1550/172=9, почти точный 9-й обертон.

Звучание колокола № 4 с частотой 2067,09 Гц приходится на верхнюю границу шестой октавы (согласно международному стандарту SPN). Этот тон располагается в аккуратном интервале между нотами Си шестой октавы (B6) и До седьмой октавы (C7), завершая один звуковой регистр и открывая следующий, – но в любом случае, это зона очень высокого звука. Относительно 172 Гц: 2067/172=12, это почти точная 12-я гармоника! 602 Гц (квинта или терция) 2067/602=3,43 этот интервал 3,43 (чуть больше децимы). 1464 Гц (верхний обертон) 2067/1464=1,41 дает звонкость. В теории музыки и акустике интервал с математическим отношением частот 1,41 представляет собой тритон (а точнее, его темперированную версию). Нужно обратить внимание на точное совпадение с 12 гармоникой от 172 Гц. Это редкость для колоколов! Обычно обертоны у них негармоничны, а здесь идеальное соотношение 1:12. Благодаря почти точному совпадению с 12 гармоникой от 172 Гц колокол № 4 звучит нестандартно чисто и красиво. У колокола № 5 частота смещена на 172,36 Гц и составляет 2239,45 Гц. По отношению к 172 Гц. Это почти 13 гармоника 2239/172=13,07.

Колокол № 5 имеет две сильные верхние гармоники 9 и 13 относительно его основного тона 172 Гц, которые придают звуку металлический резкий, чуть фальшивый на слух, но очень яркий тембр в отличие от серебряного певучего тембра колокола № 4.

Серебряный звон колоколов – миф или реальность? Одним из ключевых результатов наших исследований стало разрушение устоявшегося мифа о классическом составе колокольной бронзы, который традиционно характеризуется как 80% меди (Cu) и 20% олова (Sn) (*Пухначев* 1974; *Шашкина* 1985: 238–259). В реальности, для отлития колоколов с идеальным звоном нет необходимости строго соблюдать эти пропорции и чистоту данных металлов в сплаве. Вероятно, колокольные мастера прошлого прекрасно знали, что наоборот, именно присутствие примесей в колокольной бронзе придает колоколу особое звучание. А строго установленное соотношение медь-олово 4:1, описанное в трактатах о металлургии, с наибольшей вероятностью является умышленным упрощением, позволяющим сохранить настоящие секреты колокольного производства.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) колокольной бронзы позволил обнаружить в большинстве исследованных колоколов серебряный компонент, содержание которого в среднем варьируется от 0,35% до 1,2%. Это подтверждает, что серебро (Ag) действительно являлось тем «секретным» элементом, который мастера-литейщики сознательно добавляли в колокольную бронзу для улучшения качества колоколов. Они знали по эмпирическому опыту и старинным преданиям, что присутствие серебра в сплаве придает колоколу уникальное, завораживающее звучание, лечащее не только душу, но и физические недуги прихожан. Отсюда понятия «серебряный звон» и «колокольная вода». Серебро используется не только из-за красоты звучания, но и благодаря своим биофизическим свойствам, способствуя подавлению роста бактерий. При ударе в колокол возникает эффект «звукового аэрозоля» – с поверхности инструмента в воздух выделяются микрочастицы металла. В случае с серебряным колоколом это дает двойное очищающее действие. Уль-

тразвук разрушает оболочки вирусов и бактерий, а микрочастицы серебра дополнительно обеззараживают воздух. Использование тибетских серебряных колоколов в онкологии – наиболее яркий пример. В Колумбийском медицинском центре США их используют в комплексной терапии онкологических больных наряду с химиотерапией. Исследования (*Шушарджан и др* 2008: 32–36) показали, что виброакустические свойства серебряных колоколов: влияют на синтез ДНК опухолевых клеток (супрессивное действие), а также оказывают выраженное подавляющее действие на патогенные микроорганизмы.

В старинных лечебниках, а также в старинных книгах о производстве колоколов упоминается «колокольная вода», как древнейшее лекарство, которым с IX в. лечились на Руси. Получали такую воду во время остывания колокола, когда раскаленную отливку остужали, выливая на нее воду. В этот момент вода обогащалась ценнейшими ионами серебра (Ag) и меди (Cu).

В описаниях процесса отливки колоколов, который фактически проходил в условиях, напоминавших пожар, рассказывается, что часто работники теряли сознание от жара и дыма, получали ожоги от брызг расплавленного металла или перегретого пара. Но что удивительно, если на ожоги и травмы попадала колокольная вода, заживление проходило быстро и без нагноений. Приметив целебные свойства колокольной воды, в дальнейшем ее стали собирать и использовать как первейшее средство для лечения ран, эпилепсии, детской золотухи. Также считалось, что колокольная вода предохраняет от холеры, способствует сращению костей при переломах.

Когда при отливке колоколов в колокольную бронзу стали добавлять все меньше серебра, колокольная вода начала утрачивать свое значение как лекарство (*Родимин* 2008: 8–12). Однако сегодня колокольная вода переживает второе рождение как лекарство альтернативной медицины, не имеющее противопоказаний. Научные исследования доказали: омывая раскаленный металл, вода насыщается оксидами меди и серебра, и ионы этих металлов способствуют излечению.

Запись аудио-треков звона отдельных колоколов дала возможность сравнивать акустические характеристики колоколов с содержанием серебра и без него. По результатам анализа мы выявили значительные отличия в звуковых фрагментах.

Интересным решением стала возможность визуализировать стоячие волны Фарадея (водный аналог фигур Хладни) в разных фазах удара колоколов № 4, № 5 и колокола с трещиной. Это завораживающий физический процесс. Когда стенки колокола вибрируют, они передают энергию воде, заставляя её поверхность покрываться строгими геометрическими узорами из колеблющихся пучностей и неподвижных узловых линий.

Из всего этого можно сделать вывод, что наличие таких примесей, как свинец (Pb) или серебро (Ag), не портит колокол, а дает прочность металлу и прекрасный серебряный звук, что противоречит представлению об академическом стандарте колокольной бронзы. Кроме того, все исследованные нами колокола, за исключением созданных в 2000-х годах, являются преемниками старинных колоколов, которые содержат в своем составе серебро (Ag) и издают прекрасный серебряный звон.



Колокол с серебром



Колокол без серебра



Колокол с трещиной

Источники и материалы

ПМА 1 – Полевые материалы авторов. Экспедиция в Московскую обл., Сергиево-Посадский городской округ, г. Сергиев Посад. Ноябрь 2025 г.

ПМА 2 – Полевые материалы авторов. Экспедиция в Московскую обл., Сергиево-Посадский городской округ, г. Сергиев Посад. Март 2026 г.

ПСС 1830 – Полное собрание законов Российской империи с 1649 года. Том IV. 1700–1712. СПб.: Типография II Отделения Собственной Его Императорского Величества Канцелярии, 1830.

Научная литература

Agricolae G. De re metallica libri XII. Quibus officia, instrumenta, machinae, ac omnia denique ad metallicam spectantia, non modo lucullentissime describuntur; fed & per effiges, fuis locis infertas adjunctis Latinis, Germanicisque appellationibus, ita ob oculus ponuntur, ut clarius tradi non posfint. Basileae: Sumptibus & typis Emanuelis König, 1657.

Давыдов А. Н. Колокола России: история и технология изготовления. М.: Наука, 2005.

Козлов Ф. Н. «Снять колокола!..»: заготовка колокольного «цветмета» в СССР в конце 1920-х – 1930-е гг. (на примере Чувашской АССР) // Экономическая история. 2024. Т. 20. № 3. С. 259–267.

Пухначев Ю. В. Загадки звучащего металла. М.: Наука, 1974.

Родимин Е. М. Вода колокольная, вода золотая, вода живая и мертвая // Здоровый образ жизни и долголетие. М.: РИПОЛ Классик, 2008. С. 8–12.

Седов П. В. Снятие церковных колоколов для литья пушек в начале Северной войны // Петербургкий исторический журнал. 2014. № 1. С. 26–40.

Табунщикова Л. В. Антиколокольная кампания на Дону в 1920–1930-е гг. // Вестник ПСТГУ / Серия II: История. История Русской Православной Церкви. 2017. № 76. С. 54–66.

Тосин С. Г. Колокол как источник звука в православной звоннице // Вестник музыкальной науки. 2020. Т. 8. № 4. С. 55–63.

Филимонов К. А. (сост.). Благовестные колокола Свято-Троицкой Сергиевой Лавры / авт.-сост. К. А. Филимонов. Сергиев Посад: Издательско-полиграфический центр Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, 2022.

Флеминг Дж. Волны в воде, в воздухе, в эфире. М.; Л.: Государственное издательство, 1926. С. 124–153.

Шариков И. Г., Чурсин В. М., Калашников С. И. Колокольная бронза: оптимизация состава и свойства // Литейное производство. 2011. № 4. С. 17–20.

Шашкина Т. Б. Колокольная бронза // Колокола: История и современность / сост. Ю. В. Пухначев. М.: Наука, 1985. С. 238–259.

Шушарджан С. В., Шушарджан Р. С., Еремина Н. И. Традиционная концепция музыкальной терапии и резонансно-рефлекторная теория акустических воздействий // Традиционная медицина. 2008. № 2(13). С. 32–36.

References

Agricolae, G. 1657. *De re metallica libri XII. Quibus officia, instrumenta, machinae, ac omnia denique ad metallicam spectantia, non modo lucullentissime describuntur; fed & per effiges, fuis locis infertas adjunctis Latinis, Germanicisque appellationibus, ita ob oculus ponuntur, ut clarius tradi non posfint*. Basileae: Sumptibus & typis Emanuelis König.

Davydo, A. N. 2005. *Kolokola Rossii: istoriya i tekhnologiya izgotovleniya* [Bells of Russia: History and Manufacturing Technology]. Moscow: Nauka.

Kozlov, F. N. 2024. «Snyat' kolokola!..»: zagotovka kolokol'nogo «cvetmeta» v SSSR v kontse 1920-kh – 1930-kh gg. (na primere Chuvashskoj ASSR) [«Take down the bells!..»: procurement of bell «non-ferrous metal» in the USSR in the late 1920s and 1930s (using the Chuvash ASSR as an example)]. *Russian Journal of Economic History. Vol. 20. № 3*: 259–267.

Pukhnachev, Yu. V. 1974. *Zagadki zvuchashchego metalla* [The Mysteries of Sounding Metal]. Moscow: Nauka.

Rodimin, E. M. 2008. Voda kolokol'naya, voda zolotaya, voda zhivaya i mertvaya [Bell water, golden water, living and dead water]. In *Zdorovyj obraz zhizni i dolgoletie*. Moscow: RIPOL Klassik.

Sedov, P. V. 2014. Snyatie cerkovnykh kolokolov dlya lit'ya pushek v nachale Severnoj vojny [The Removing of Church Bells for Cannon Casting at the Beginning of the Northern War]. *Peterburzhskij istoricheskij zhurnal 1*: 26-40.

Tabunshchikova, L. V. 2017. Antikolokol'naya kampaniya na Donu v 1920–1930-e gg. [The Anti-bell Campaign in the Don Region in the 1920s–1930s]. *Vestnik PSTGU. Seriya II: Istoriya. Istoriya Russkoj Pravoslavnoj Cerkvi 76*: 54–66.

Tosin, S. G. 2020. Kolokol kak istochnik zvuka v pravoslavnoj zvonnice [The bell as a Source of Sound in an Orthodox Belfry]. *Vestnik muzykal'noj nauki. Vol. 8. № 4*: 55–63.

Filimonov, K. A. (ed.). 2022. *Blagovestnye kolokola Svyato-Troickoj Sergievoj Lavry* [The Annunciation Bells of the Holy Trinity Lavra of St. Sergius]. Sergiev Posad: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Svyato-Troickoj Sergievoj lavry.

Fleming, J. 1926. *Volny v vode, v vozduhe, v efire* [Waves in water, in air, in the ether]. Moscow: Leningrad: Gosudarstvennoe izdatel'stvo.

Sharikov, I. G., V. M. Chursin and S. I. Kalashnikov. 2011. Kolokol'naya bronza: optimizaciya sostava i svojstva [The Bell Bronze: Optimization of Composition and Properties]. *Litejnoe proizvodstvo 4*: 17–20.

Shashkina, T. B. 1985. Kolokol'naya bronza [The Bell Bronze]. In *Kolokola*: *Istoriya i sovremennost'*, ed. by Yu.V. Puhnachev. Moscow: Nauka.

Shushardzhan, S. V., R. S. Shushardzhan and N. I. Eremina. 2008. Tradicionnaya koncepciya muzykal'noj terapii i rezonansno-reflektornaya teoriya akusticheskih vozdejstv [The Traditional Concept of Music Therapy and the Resonance-reflex Theory of Acoustic Effects]. *Tradicionnaya medicina 2*(*13*) 2008: 32–36.

THE SILVER BELL RINGING – MYTH OR REALITY (PART 2)

Abstract. Medieval metallurgists determined that to produce durable and resonant bells, the classic bell bronze alloy should consist of 80% pure copper and 20% tin. However, there are numerous historical witnesses and legends that master foundries added silver to the bronze. This secret allowed them to create bells with an astonishingly melodic and deep sound. To uncover the true role of silver, we examined bells from different historical periods using modern technology. X-ray fluorescence analysis (XRF) of bell bronze revealed a silver component in many samples, with the content varying on average from 0.35% to 1.2%. Audio recordings allowed for a detailed comparison of their acoustic properties. The studies proved that the addition of silver was intentional. The masters knew that this alloy improved acoustic properties and imparted therapeutic benefits to the ringing. This article presents detailed data on the chemical composition and acoustics of bells, revealing new features of their production technology.

Keywords: bells, bell bronze, copper, tin, lead, silver, silver ringing, bell ringing, church bells, silver bells, XRF, acoustic properties.

Authors Info: Khokhlov, Nikita V. – Researcher fellow at the Institute of Ethnology and Anthropology of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation), E-mail: ethno@yandex.ru

Authors Info: Zini, Stefania – Ph. D. in History, Researcher fellow at the Institute of Ethnology and Anthropology of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation), E-mail: stefania.zini@yandex.ru , ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7288-9422

For citation: Khokhlov, N. V., and S. Zini. 2026. The Silver Bell Ringing – Myth or Reality (Part 2). *Tradition and modernity* (*Traditsii i sovremennost*) *46*: 104–116

Funding: The study was carried out as a part of the research plan of the Russian Academy of Sciences N. N. Miklouho-Maklay Institute of Ethnology and Anthropology.