

# ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРЬЯ ИЗ МАМОНТОВОГО БИВНЯ

**Доронин Д.О.**, ведущий инженер по стандартизации, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

**Куприков Н.М.**, канд. техн. наук, доцент, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», ответственный секретарь ТК 487 «Ископаемые остатки мамонтовой фауны», Старший научный сотрудник Института 9 Московского авиационного института (НИУ), главный специалист сектора научно-экспертных работ Российского института стандартизации

**Тихонов А.Н.**, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Зоологический институт РАН, председатель ТК 487 «Ископаемые остатки мамонтовой фауны»

**Доронина А.В.**, инженер 1-й категории, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

*В целях национальных интересов Российской Федерации по развитию деятельности в Арктике необходимо обеспечить единство и точность измерений при производстве сырья из мамонтовой кости (ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса) и определить порядок взаимодействия заинтересованных сторон. В статье рассматриваются вопросы в области метрологического обеспечения производства сырья из мамонтового бивня, а также концепция по разработке методики качественного определения видовой принадлежности бивня, предлагаются актуальные средства измерений. Результаты проведенного научного исследования по метрологическому обеспечению производства сырья из мамонтового бивня могут быть применены в хозяйственной, таможенной и экономической деятельности. Авторами предложены некоторые типы средств измерений, проведено их сравнение, сделаны выводы об их применимости и наиболее важных видах погрешностей.*

**Ключевые слова:** мамонт, стандарт, термины и определения, бивень, сырье, метрологическое обеспечение.

## ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения национальных интересов Российской Федерации по развитию деятельности в Арктике необходимо обеспечить единство и точность измерений при производстве сырья из ископаемых остатков мамонтовой фауны (мамонтового фаунистического комплекса) и определить порядок взаимодействия заинтересованных сторон, участвующих в торгово-экономических отношениях.

Ископаемые остатки мамонтового фаунистического комплекса являются уникальным и перспективным материалом для изготовления художественных и ювелирных изделий, косметических средств [1].

Для ископаемых остатков мамонтовой фауны на национальном и международном уровне не определены метрологические характеристики, методики оценки качества, требования классности, отсутствуют стандартные образцы и документы по стандартизации, позволяющие обеспечить единство измерений.

Ископаемые остатки мамонтовой фауны являются природным ресурсом, а ее биогенное происхождение определило своеобразие изучения как полезного ископаемого. Однако мамонтовая кость до сих пор не включена

в Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод (ОКПИиПВ) в раздел 1.4.5 «Прочие полезные ископаемые». В первую очередь это связано, с одной стороны, со сравнительно небольшим объемом рынка (в масштабах добычи и экспорта топливно-энергетических полезных ископаемых), а с другой – с отсутствием нормативно-правовой и методической основ по теме работы.

Данное положение дел не отвечает фактическому состоянию действий субъектов, осуществляющих использование мамонтовых бивней, привычкам и отношению к мамонтовым бивням представителей коренных малочисленных народов Севера, не согласуется с разрешительными документами органа управления государственным фондом недр. Кроме того, все указанное, де-юре определяя правовой статус ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса как минералогического, палеонтологического и другого геологического коллекционного материала, приводит к недопустимой ситуации с оформлением разрешений на вывоз бивней за рубеж, в силу того обстоятельства, что лицензия на вывоз оформляется не через Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, а через Министерство культуры Российской Федерации. Соответственно и заключение эксперта о возможности вывоза мамонтовых бивней за рубеж составляется и выдается не экспертом Минприроды России.

Проблема отсутствия нормативно-методического и метрологического обеспечения производства сырья из ископаемых мамонтовой фауны (в первую очередь мамонтовой кости и бивней) в Российской Федерации не решена, что подтверждает актуальность проведения научных исследований и разработок в данном направлении. Неурегулированность отрасли препятствует полноценному развитию этого направления экономической хозяйственной деятельности.

По данным таможенного управления рынок добычи и экспорта ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса ежегодно растет. На основании открытых данных Концепции развития сбора, изучения, использования, переработки и реализации палеонтологических материалов мамонтовой фауны на территории Республика Саха (Якутия) (13.08.2018 № 649–РГ) в денежном эквиваленте объем рынка ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса (мамонтовой фауны) составляет от 100 до 160 млн в год, а оценочные запасы – более 500 млрд руб.

В настоящее время отсутствует методика ценообразования при коммерческой реализации на национальном и международном уровне по ископаемым остаткам мамонтовой фауны, разработка которой должна быть основана на научно-методическом и метрологическом обеспечении производства сырья.

Вторая проблема – это качественное определение видовой принадлежности бивня как у сырья (бивней) в целях противодействия контрабанды, так и у готовых изделий с целью подтверждения происхождения биогенного материала.

## ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Цель исследования – создание нормативно-правовой основы для промышленных перспектив россыпной костеносности Арктической зоны Российской Федерации. Ископаемые остатки мамонтового фаунистического комплекса являются уникальным и перспективным материалом для изготовления художественных и ювелирных изделий, косметических средств.

Основным объектом добычи сырья является мамонтовый бивень – ископаемый окаменевший верхний резец черепа мамонта. А также ископаемые остатки мамонтовой фауны, представляющие собой части тела видов древней мамонтовой фауны, извлеченные из земли.

В настоящее время мамонтовую кость добывают при попутном сборе. Это вид пользования природными ресурсами по сбору бивней мамонта и других ископаемых остатков мамонтовой фауны коренными народами Республики Саха (Якутия), в том числе коренными малочисленными народами Севера, в процессе традиционной хозяйственной

деятельности. Либо по лицензии органов государственной власти Республики Саха.

На территории Якутии известно более 70 местонахождений фауны млекопитающих. К числу опорных местонахождений относятся береговые обнажения рек, морская литораль, места таяния вечной мерзлоты [2].

Отдельное внимание уделяется этике попутного сбора ископаемых остатков мамонтовой фауны [2], представляющих собой свод правил, определяющий порядок сбора, упаковки, транспортировки и хранения ископаемых остатков мамонтовой фауны. В настоящий момент идет разработка свода правил с целью узаконивания попутного сбора на региональном и в перспективе национальном уровне.

После добычи и консервации сырья происходит разделение материала по сортам в зависимости от их качества. Авторы выделяют шесть сортов: первый сорт – наилучшее качество, шестой сорт – это мелкий лом из костей и бивней. Стоит отметить, что все шесть сортов мамонтового бивня имеют свое применение, качество определяет в первую очередь стоимость сырья и готовых изделий.

Мамонтовый бивень обладает уникальными отличительными характеристиками, для которых необходимо обеспечить единство измерений. Важной характеристикой является цвет среза бивня, который определяет эстетические свойства и художественную особенность изделий. Актуальные задачи – измерение координат цвета у разных сортов бивней, определение пограничных областей и построение цветовых локусов, классификация бивней по цветовым классам. Наиболее важным для колористики является установление путем опыта связи между всеми оттенками цвета, которые мы можем видеть, и небольшим количеством фиксированных (или стандартных) цветов. Если эксперимент, дающий возможность установить такую связь, известен, то задача экспериментального измерения цвета тем самым будет решена: достаточно лишь фиксировать основные цвета материалов из ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса. Контроль характеристик цвета при цветовом оформлении производится очень часто. Однако количество оценок, характеристик цвета или описаний цветовых различий объектов почти равно числу самих наблюдателей. Расхождения в оценках цвета происходят из-за различной степени пигментации глазной среды у разных людей, различия цветовых наименований, неодинаковой подготовки и тренированности наблюдателей, различного понимания задачи установления цветового равенства полей и т. д. В этой связи необходима проверка однозначности методов контроля. Для унификации контроля характеристик цвета во время цветовых измерений и расчетов целесообразно пользоваться усредненными характеристиками человеческого глаза, которые приняты в качестве базы для определения цветовых ощущений. Такие данные стандартизированы в 1931 г. Меж-

дународной комиссией по освещению (МКО) и уточнены в 1964 г. МКО рекомендует пользоваться данными стандартного колориметрического наблюдателя 1931 г. при необходимости уравнивания по цвету полей с небольшими угловыми размерами ( $<4^\circ$ ). При цветовом сравнении полей с большими угловыми размерами ( $>4^\circ$ ) рекомендуется пользоваться данными дополнительного стандартного колориметрического наблюдателя 1964 г.

Стандартный колориметрический наблюдатель МКО (1931 и 1964 годов), устанавливает цветовое равенство между однородным светом с данной длиной волны и смесью трех однородных цветов с координатами цветности. Координаты цветности, определяющие монохроматические излучения, взяты с интервалами в 5 нм. Если необходимо получить координаты цветности монохроматических излучений с длиной волны, не кратной 5 нм, они находятся методом линейной интерполяции.

Аналогичный материал – слоновая кость, запрещен к добыче и продаже в рамках Конвенции о международной торговле видами фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС) [3]. Для подтверждения того, что бивень (или изделие из него) принадлежал именно мамонту наиболее доступным способом является измерение угла между линиями Шрегера, образующих специфический узор в дентине бивня. Для мамонтового бивня угол (угол Шрегера) должен составлять меньше  $90^\circ$ . Тогда как у бивня слона – больше  $110^\circ$  [4]. В исследовании предстоит уточнить диапазон значений углов Шрегера.

К физико-химическим процессам относится мергелизация бивня. Это процесс разложения бивня мамонта, при котором происходит его пропитка «дубильными» веществами. В результате образуется прослойка минеральных веществ, проникающая в верхний слой коры бивня. Преимущественно фосфаты, гематиты, дающие синий, зеленый и красный оттенки.

Еще одним из методов научного исследования мамонтового бивня представляется инфракрасная спектроскопия (ИК-спектрометрия). В статье [5] авторы изучают качественный химический состав мамонтового бивня, а также трансформацию состава при нагреве до различных температур, при которых происходит потеря бивнем адсорбированной воды и органической составляющей. В перспективе ИК-спектроскопия как экспресс-метод анализа может быть использована для определения структурных неоднородностей гидроксипатиов в бивнях мамонта, обнаруженных в разных вмещающих средах и имеющих разные характеристики сохранности и внешнего вида, что также может иметь значение при использовании бивня мамонта как сырья для косторезного промысла.

Биогенное происхождение бивней и крупный размер образцов для исследования требует особых подходов к ор-

ганизации измерений. Важен подбор оборудования с заданными метрологическими характеристиками.

Для целей определения цвета наилучшим и единственным выбором станет колориметр с характеристиками, соответствующими требованиям ГОСТ 8.205–2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений координат цвета и координат цветности, показатели белизны и блеска. Настоящий стандарт распространяется на государственную поверочную схему для средств измерений координат цвета и координат цветности (колориметрическая система МКО 1931 г. и МКО 1964 г.), показателей белизны, блеска и устанавливает порядок передачи единиц координат цвета и координат цветности, светового коэффициента пропускания, белизны, интегральной (зональной) оптической плотности для полиграфии, блеска методом прямых и косвенных измерений от государственного первичного эталона единиц координат цвета ( $X, Y, Z$ ) и координат цветности ( $x, y$ ), индекса белизны ( $W$ ), коэффициента светопропускания ( $T_{\text{св}} = V$ ), интегральной оптической плотности ( $D$ ), блеска ( $G$ ) – безразмерных величин, с помощью вторичных эталонов и рабочих эталонов рабочим средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки. Стоит отметить, что рассматриваемые в статье методы определения цвета возможно использовать для цветовой дифференциации и других природных материалов, таких как янтарь, натуральный (морской и речной) жемчуг.

Измерение углов Шрегера представляется достаточно трудной задачей. Это связано с тем, что точность выполнения измерений сильно зависит от квалификации исследователя, в результате измерений может вноситься существенная погрешность от действий человека. Решить данную проблему может стандартизированная и прошедшая аттестацию методика проведения измерений.

В качестве приборной основы рассматриваются несколько средств измерений: измерительный микроскоп (например, модели ИМ-Ц-150«Э»(К)-4, MBZ-500(ТТ)(ЧПУ)) или проекторы измерительные (например, модели ПИ 300ЦВ, Jaten JT-3015). Два типа средств измерений обладают схожими метрологическими характеристиками и входят в реестр утвержденных типов средств измерений во ФГИС «Аршин» [6]. Измерительный микроскоп предназначен для измерения в проходящем и отраженном свете наружных линейных размеров и диаметров валов до 150 мм или 200 мм в продольном направлении и до 75 мм в поперечном направлении; углов изделий до  $360^\circ$  по угломерной головке и круглому столу, резцов, фрез, кулачков и другого инструмента, а также шаблонов любой формы и конфигурации, габариты которых позволяют установить их на измерительном столе микроскопа, конусных калибров, цилиндрических и конусных втулок, радиусных профилей, расстояний между центрами отверстий. Измерительный

проектор предназначен для измерения линейных и угловых размеров в прямоугольных и полярных координатах в различных отраслях промышленности. Проектор обеспечивает проверку правильности профиля детали по его теневому контуру в проходящем свете, проверку деталей, имеющих на поверхности разметку в виде точек, в отраженном свете, измерения методом сравнения детали с эталонным чертежом, измерение шага резьбы, углов.

Принцип действия приборов основан на технологии оптического проецирования, при котором изображение объекта, расположенного на измерительном столе, проецируется на оптическую систему прибора – проекционный блок, при проходящем или отраженном освещении. С помощью системы призм и зеркал изображение передается на проекционный экран. Для определения координат точки на объекте измерений необходимо совместить неподвижное перекрестие на экране проектора с изображением необходимого элемента объекта, проецируемого на экран. Определение линейных и угловых размеров осуществляется на основе измеренных координат точек на элементах объекта с помощью измерительно-программных функций прибора. Приборы имеют консольную конструкцию, основными элементами которой являются основание, на регулируемых опорах, на которое установлены подвижный предметный столик с нижним осветителем, вертикальная колонна с оптической системой, проекционный экран и верхний осветитель. Нижний осветитель применяется для измерений при проходящем свете, верхний осветитель применяется для измерений в отраженном свете. При одновременном включении осветителей проходящего и отраженного света на экран проецируется изображение поверхности объекта и его теневой контур. Измерительный стол с предметным стеклом предназначен для установки измеряемого объекта и его перемещения с помощью микровинтов в продольном (ось X) и поперечном (ось Y) направлениях. Для настройки фокусировки стол имеет функцию вертикального перемещения (ось Z). В качестве отсчетной системы используются преобразователи линейных перемещений.

Некоторые модели средств измерений работают со встроенным программным обеспечением, что позволяет в автоматическом режиме вести журнал измерений, оконтурить измеряемые образцы, отслеживать систематические ошибки и уменьшать погрешность измерений.

Авторы рекомендуют использовать отечественные средства измерений и программное обеспечение.

Дальнейшее освоение россыпного костеносного потенциала может развиваться по двум направлениям. Первое, традиционное для большинства россыпных регионов – независимо от их минерагенической специализации может осуществляться по обычной схеме геологоразведочных работ: поиски, оценка и эксплуатация объектов, с учетом

специфики полезного ископаемого. Второе направление связано с крайне важной в практическом отношении особенностью современного россыпеобразования в регионе – естественным восстановлением (регенерацией) природных скоплений мамонтовых бивней на отработанных участках, что обеспечивает возможность периодической, но длительной эксплуатации месторождений. Регенерация скоплений мамонтовых бивней свойственна всем выделенным типам россыпей, но наиболее масштабно она проявлена именно в прибрежно-морских россыпях литоральной зоны, где в активной динамической обстановке ежегодно перерабатываются огромные массы отложений костеносных коллекторов [7].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены характеристики мамонтового бивня – цвет и угол Шрегера, подлежащие измерению с целью подтверждения видового происхождения сырья или для определения качества сырья. Предложены несколько средств измерений и описан принцип их работы. На фоне полного запрета на добычу и экспорт слоновьих бивней сырье из ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса представляется идеальной альтернативой. Развитие и легализация добычи мамонтовых бивней позволит упрочить внешнеэкономическую деятельность Российской Федерации, а способствовать этому будет обеспечение единства измерений на производстве сырья. Остается решить еще многие вопросы: подготовка качественных образцов для измерений, разработка и аттестация методик измерений, исследование и создание государственных стандартных образцов (ГСО), исследование новых параметров сырья: пористость, твердость, влажность.

При поддержке экспертного сообщества, главных метрологических центров, при участии государственных региональных центров стандартизации, метрологии и испытаний планируется запустить стандартизированный процесс по метрологическому обеспечению производства сырья из ископаемых остатков мамонтового фаунистического комплекса.

#### Список использованных источников и литературы

1. Доронин Д.О., Куприков Н.М., Ноговицын Д.Д. Нормативный тезаурус для метрологического обеспечения производства сырья из мамонтовой кости // Известия ТулГУ, Технические науки, 2024. Вып. 1. – С. 589–590.
2. Лазарев П.А. Крупные млекопитающие антропогена Якутии. – Новосибирск: Наука, 2008. – 158 с.
3. Смирнов А.Н. Закономерности размещения, условия формирования и сохранности россыпей ископаемой мамонтовой кости в Российской Арктике: дис. доктора. г.-м. наук 25.00.11. – СПб., 2005. – 275 с.
4. Эспиноза Э.О., Манн М.-Ж. Руководство по идентификации бивней и их заменителей. WWF, 1991.
5. Павлова В.В., Петухова Е.С., Исакова Т.А., Колесова Е.С., Чирикова А.А., Протопов Ф.Ф. Исследование структуры бивня мамонта методом ИК-спектроскопии // Оптика и спектроскопия. Т. 130, № 3. – СПб.: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, 2022. – С. 369.
6. Реестр утвержденных типов средств измерений ФГИС «Аршин» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4> (Дата обращения 10.04.2024)
7. Смирнов А.Н. Ископаемая мамонтовая кость // Труды НИИГА-ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ. Т. 201. – СПб.: ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ, 2003. – 172 с.

# REGULATORY THESAURUS FOR METROLOGICAL SUPPORT OF PRODUCTION OF RAW MAMMOT BONE

**Doronin D.O.**, Leading engineer for standardization of «D.I. Mendeleev Institute for Metrology»

**Kuprikov N.M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «D.I. Mendeleev Institute for Metrology», Secretary TC 487 GOSTR, Senior Researcher at Institute 9 of the Moscow Aviation Institute (NRU), Chief Specialist of the Scientific and Expert work sector of the Russian Standardization Institute

**Tikhonov A.N.**, Leading Researcher of Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, Chairman TC 487 GOSTR

**Doronina A.V.**, 1st category engineer of «D.I. Mendeleev Institute for Metrology»

*For the purposes of the national interests of the Russian Federation in developing activities in the Arctic, it is necessary to ensure the unity and accuracy of measurements in the production of raw materials from mammoth bone (fossil remains of the mammoth faunal complex) and determine the procedure for interaction between interested parties. The article discusses issues in the field of metrological support for the production of raw materials from mammoth ivory and conducting scientific research on metrological support for the production of raw materials from mammoth tusk, including with the aim of developing a methodology for qualitatively determining the species of tusk.*

**Keywords:** mammoth, standard, terms and definitions, tusk, raw materials, metrological support.

## References

1. Doronin D.O., Kuprikov N.M., Tikhonov A.N. Regulatory thesaurus for metrological support of production of raw mammoth bone // Izvestia TulGU, technical science, issue 1, 2024. – Pp. 589–590.
2. Lazarev, P.A., Krupnyye mlekopitayushchiye antropogena Yakutii [Large mammals of the anthropogene of Yakutia]. – Novosibirsk: Nauka, 2008. – 158 p.
3. Smirnov, A.N. Zakonomernosti razmeshcheniya, usloviya formirovaniya i sokhrannosti rossypey iskopayemoy mamontovoy kosti v Rossiyskoy Arktike [Patterns of distribution, conditions for the formation and preservation of placers of fossil mammoth bone in the Russian Arctic]. Dissertation for doctor of geology and mineralogy sciences, 25.00.11. St. Petersburg, 2005. – 275 p.
4. Espinoza O. E., Mann M.-J. Identification guide for ivory and ivory substitutes. WWF, 1991.
5. Pavlova V.V., Petukhova E.S., Isakova T.A., Kolesova E.S., Chirikova A.A., Protopov F.F. Study of the structure of a mammoth tusk using IR spectroscopy. Optics and spectroscopy. – T. 130, No. 3. – St. Petersburg: Physico-Technical Institute named after. A.F. Ioffe Russian Academy of Sciences, 2022. – P. 369.
6. Register of approved types of measuring instruments FSIS “Arshin” [Electronic resource]. Access mode: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4> (Date of access: 04/10/2024)
7. Smirnov A.N. Fossil mammoth bone // Proceedings of NIIGA-VNIIOKEANGEOLOGIYA. T. 201. – St. Petersburg: VNIIOKEANGEOLOGIYA, 2003. – 172 p.