

УДК 611.085:537.226.1

DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-9-174-179

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ
В АСПЕКТЕ ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ**

Н.К. Исмаилов

Аннотация. Рассматривается изучение в эксперименте изменения электрической ёмкости гиподермы биологического объекта при снижении температуры в зависимости от влажности окружающей среды в аспекте давности наступления смерти. Выделены две группы объектов исследования: 1-я группа находилась в условиях высокой влажности 80–90 %; 2-я группа в условиях низкой влажности 30–40 %. Определили, что в условиях высокой влажности температурные экспоненты (внутренней температуры объекта) снижаются с достоверным отличием ($P > 0,05$). Электрическая ёмкость исследуемых объектов также показала достоверную разницу ($P > 0,05$) в скорости снижения цифровых значений. Результаты исследования – впервые апробировали современные цифровые термометры и датчик для измерения электрической ёмкости биологической ткани в экспериментально-анатомическом исследовании.

Ключевые слова: эксперимент; анатомия; электронный термометр; электрическая ёмкость; диэлектрическая проницаемость; температура; влажность; давность смерти.

**БИОЛОГИЯЛЫК ТКАНДАРДЫН ДИЭЛЕКТРИК
ӨТКӨРҮМДҮҮЛҮГҮН ӨЛҮМ УБАКТЫСЫНЫН АСПЕКТИСИНДЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК-АНАТОМИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨ**

Н.К. Исмаилов

Аннотация. Изилдөөнүн максаты – айлана-чөйрөнүн нымдуулугуна жараша температуранын төмөндөшү менен биологиялык объекттин гиподермисинин электр сыйымдуулугунун өзгөрүшүн экспериментте изилдөө. Изилдөө объекттеринин эки тобу бөлүнгөн: 1 – группа 80–90 % жогорку нымдуулук шартында; 2 – группа 30–40 % төмөн нымдуулук шартында болгон. Жогорку нымдуулук шартында температуралык көрсөткүчтөр (объекттин ички температурасы) анык айырма менен төмөндөй тургандыгы аныкталды ($P > 0,05$). Изилденген объектилердин электр кубаттуулугу, ошондой эле санариптик баалуулуктарды азайтуу ылдамдыгында ишенимдүү айырманы ($P > 0,05$) көрсөттү. Изилдөөнүн натыйжалары-эксперименталдык анатомиялык изилдөөдө биологиялык кыртыштын электр сыйымдуулугун өлчөө үчүн заманбап санариптик термометрлер жана сенсор биринчи жолу сыналган.

Түйүндүү сөздөр: эксперимент; анатомия; электрондук термометр; электр сыйымдуулугу; диэлектрик өткөрүмдүүлүк; температура; нымдуулук; өлүм убактысы.

**EXPERIMENTAL ANATOMICAL STUDY OF
THE DIELECTRIC PERMITTIVITY OF BIOLOGICAL TISSUES
IN THE ASPECT OF THE TIME OF DEATH**

N.K. Ismailov

Abstract. The article regards experimentally study changes in the electrical capacity of the subcutaneous tissue of a biological object with a decrease in temperature depending on the humidity of the environment in the aspect of the prescription of death.

Two groups of research objects were identified: 1 – the group was in conditions of high humidity of 80–90 %; 2 – the group was in conditions of low humidity of 30–40 %. It was determined that in conditions of high humidity, the temperature indicators (the internal temperature of the object) decrease with a significant difference ($P > 0.05$). The electrical capacity of the studied objects also showed a significant difference ($P > 0.05$) in the rate of decrease in digital values. The results of the study – for the first time in the course of an experimental anatomical study, modern digital thermometers and a sensor for measuring the electrical capacity of biological tissues were tested.

Keywords: experiment; anatomy; electronic thermometer; electrical capacitance; dielectric constant; temperature; humidity; time of death.

Актуальность. Современная проблема изучения морфофункциональной структуры ткани в соответствии с вышеуказанной обширностью требует разрешения очень многих неординарных задач. Это широкое изучение посмертных изменений в органах, тканях и жидких средах трупа с помощью ряда методик – физических, биофизических, биохимических и гистохимических, которые в обязательной форме предполагают одновременное произведение измерения емкости ткани, температурного режима тела и воздуха окружающей среды, которые сильно влияют на морфометрию [1].

Судебно-медицинская экспертиза трупа непосредственно как морфологическая медицинская наука связана с о структурными анатомо-морфологическими проблемами установления структурных и ультраструктурных моделей тканей и органов, и разрешением многих специальных вопросов, среди которых особое место занимает установление давности наступления смерти (ДНС) на основе современных танатоморфологических данных.

При расследовании преступлений против жизни человека, особенно совершенных в условиях неочевидности, исключительно важным для успешного проведения оперативно-розыскных мероприятий и имеющим существенное судебно-следственное значение является предельно точное установление времени наступления смерти [2–6].

Определение давности смерти является одной из важнейших проблем широкого и одновременно объемного теоретического и практического разделов судебной медицины – танатологии, решением которой процессуально занимается судебно-медицинский эксперт при осмотре трупа на месте его обнаружения и при исследовании трупа в специальных учреждениях здравоохранения.

Однако результаты этих исследований по вышеуказанным контактными методиками, каждый имея самостоятельное значение, не коррелируются между собой в определенную закономерность, что представляет конкретную сложность в давности установления смерти (ДНС), вызывая достаточно заметную погрешность в её достоверности.

В связи с этим в настоящее время актуальным считается измерение влияющих внешних факторов на ткань новыми технологическими бесконтактными точными методами, которые самостоятельно цифровым образом коррелируют различные воздействующие факторные величины на течение процесса внутри биоткани, что легко дает ускоренную возможность выявить определенную закономерность установления ДНС по характеру действия физических факторов (температура воздуха, атмосферное давление, скорость ветра) [7, 8].

Следуя указанной актуальности, в настоящем исследовании мы поставили цель – определить экспериментально норматив строения выбранной биологической ткани на характер влияния влажности и температурного режима помещения, где находится объект исследования и, соответственно, выработать алгоритм определения давности смерти с учётом морфометрии с использованием удобной для применения современной точной аппаратуры, обеспечивающей бесконтактный метод исследования. Превентивно установить сопоставимость температурных показателей и величины влажности, снятых с помощью цифровой метеостанции с выносным датчиком, и термометра с термошупом с аналогичными показателями, полученными стандартными методиками, что может быть основанием привилегированности цифровой современной технологии.

Материалы и методы исследования. Для достижения цели исследования проведена

работа методом измерения температуры и влажности помещения, а также измерение местной температуры внутри биообъекта и на поверхности биообъекта исследования, исследования электроёмкости ткани объекта. При этом использовалось следующее оборудование:

- цифровая метеостанция с выносным термодатчиком;
- термометр с металлическим термощупом;
- выносной датчик с мультиметром – для исследования диэлектрической проницаемости ткани.

Цифровая метеостанция с выносным термодатчиком – представлена в виде прибора, установки которого предназначены для измерения температуры (-50 °С до +110 °С) и одновременно измерения влажности. Данная конструкция имеет выносной шнур длиной 150 см, жидкокристаллический дисплей (5 × 3 см).

Термометр с металлическим термощупом представляет собой инструмент, который состоит из жидкокристаллического дисплея и выходящего из него стального щупа длиной 15 см. На приборной панели имеются кнопки регуляторно меняющие определяемые единицы температуры (°С/°F). Также в нем имеется кнопка фиксации температуры. Физическая характеристика инструмента представляется следующим образом:

- диапазон рабочих температур (-50 °С до +300 °С);
- разрешение: 0,1 °С/°F;
- время отклика 500 мс;
- питание (1,5V LR44 × 1PCS).

Для обнаружения показателей емкости биоткани в исследуемой тканевой локализации, группой авторов Кыргызско-Российского Славянского университета (М.А. Духанин, Н.К. Исмаилов, 2019), разработан технический способ с монтированным перспективным датчиком для снятия цифровых показателей емкости (нФ – нанофарады).

Для достижения цели и задачи в нашей работе применен инструмент «бесконтактный дистанционно измеряющий температуру поверхности». Инструмент в виде эргономичной ручки-пистолета, состоящий из инфракрасного анализатора и лазерного прицела, в нем имеется жидкокристаллический дисплей с подсветкой

и автоматическим его отключением. Снятые данные температурной функции удерживаются на экране в течение 30 секунд, также имеется индикатор низкого заряда батареи.

Физическая характеристика инструмента: диапазон рабочих температур: -50 °С ~ 380 °С (-58 °F ~ 716 °F); точность: ± 1,5 % 1,5 °С; повторяемость: ± 1 % или 1 °С; расстояние места соотношения: 12:1; уровень выбросов: 0,95; Разрешение: 0,1 °С (0,1 °F); Время отклика: 500 мс; длина волны: 8–14 мкм; единицы измерения: °С/°F; питание: 2 × 1,5 В ААА.

В работе описанные выше точные «приборы-установки» по снятию необходимых для исследования морфометрических показателей бесконтактным и малоконтактным способом применялись впервые, и поэтому результаты, полученные при этом, представляют первую фазу исследования.

Во второй фазе исследования применялся экспериментальный выносной датчик, связанный с мультиметром, также применяемый впервые для исследования диэлектрической проницаемости биологической ткани. По этой же причине объектами исследования послужили «биоматериалы» по массовому и физическому содержанию идентичные биоманекенам (трупам). Вся эта методическая процедура дает возможность получить разницу действия физических показателей (температуры, влажности, ёмкости) при константе одного из них как воздействующего фактора на структурно-функциональные организации ткани и, соответственно, влияние на время наступления смерти, моделируя анатомо-структурные условия при которых определяется ДНС.

Исследование было проведено на 48 биообъектах с соблюдением принципа однородности статуса наблюдений, чтобы четко увидеть результат от действия физических факторов. Для этого объекты имели один и тот же вес (60,0 ± 5,0 г), одну и ту же длину (12,0 ± 1,0 см), один и тот же диаметр (2,0 ± 0,2 см) и однородную однородную биологическую структуру. Для выявления величины разницы влияющих физических факторов все объекты были разделены на 2 группы, каждая из которых имела по 24 – количественного содержания.

Первая группа находилась в условиях высокой влажности (80–90 %) и комнатной температуры (18–19 °С), вторая группа была в условиях низкой влажности (30–40 %), при аналогичной комнатной температуре (18–19 °С). В проведении работы допускалась подача моделированного значения температуры путем предварительного перегрева в виде верхнего предела температуры биоматериала как находящегося в регионе соответствующей теплым климатическим условиям. В связи с этим в ходе исследования каждый объект нагрели до 40–50 °С, а затем последовательно измеряли температуру с определенным интервалом при отсутствии проветренности. Для сохранения требуемого статистического постоянства исследуемых показателей в методике работы допущено соблюдение интервала в пределах 20 минут.

Обсуждение результатов. Полученные при проведении указанного выше первого этапа исследования данные подвергли статистическим исследованиям по регрессивному методу.

В результате расчетов в группе объектов с высокой влажностью получены следующие данные:

- после нагревания средняя поверхностная температура составила 39,7 °С, внутренняя температура – 49,9 °С, емкость ткани – 230 нФ;
- через 20 минут при той же влажности температура поверхностная – 24 °С, внутренняя – 28,8 °С, емкость ткани – 176,6 нФ;
- через 30 минут при той же влажности температура поверхностная – 18,4 °С, внутренняя – 23,6 °С, емкость ткани – 163,5 нФ;
- через 40 минут при той же влажности температура поверхностная – 15,0 °С, внутренняя – 20,7 °С, емкость ткани – 164,4 нФ.

Результаты расчетов в группе объектов с низкой влажностью показали следующие данные:

- после нагревания средняя поверхностная температура составила 39,9 °С, внутренняя температура – 47,1 °С, емкость – 201 нФ;
- через 20 минут при той же влажности температура поверхностная – 19,5 °С, внутренняя – 25,4 °С, емкость – 162,6 нФ;

- через 30 минут при той же влажности температура поверхностная – 16,9 °С, внутренняя – 21,3 °С, емкость – 154,3 нФ;
- через 40 минут при той же влажности температура поверхностная – 15,8 °С, внутренняя – 18,8 °С, ёмкость – 148,6 нФ.

При использовании статистической программы SPSS полученные температурные данные в каждом интервале периода времени имели достоверную разность, равную величине $P > 0,05$, в зависимости от заданного интервала влажности. Эта величина указывает на линейную закономерность разницы температурных показателей, меняющихся в зависимости от изменения значения влажности. В ходе вычисления с помощью регрессии, подгонки кривых получили следующие данные (таблицы 1–4).

Из данных, указанных в таблицах 1 и 2, можно сделать вывод, что влажность окружающей среды не влияет на скорость падения поверхностной температуры у экспериментальных биологических объектов.

Данные таблиц 3 и 4 показывают, что влажность окружающей среды влияет у биологических объектов на скорость падения внутренней температуры. В условиях более высокой влажности, остывание происходит быстрее, чем при низкой влажности и разница составляет примерно $1\text{ °С} \pm 0,3\text{ °С}$ ($P > 0,05$).

Также, с помощью статистической программы SPSS, полученные данные электроёмкости биоткани в каждом интервале периода времени имели достоверную разность, равную величине $P > 0,05$, в зависимости от заданного интервала влажности. Эта линейная закономерность указывает на разницы ёмкостных показателей, меняющихся в зависимости от изменения значения влажности. В ходе вычисления с помощью регрессии и подгонки кривых получили следующие данные, отраженные в таблицах 5 и 6.

Из вышеуказанных данных можно сделать вывод, что влажность окружающей среды влияет на падение электрической ёмкости у биологических объектов ($P > 0,05$). В более влажной среде падение электрической ёмкости выше на $10\text{ нФ} \pm 1\text{ нФ}$.

Заключение. На основании результатов настоящего исследования экспериментальных

Таблица 1 – Снижение температуры поверхностного слоя биообъекта при высокой влажности

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметров	
	R-квадрат	F	ст. св.1	ст. св.2	значимость	константа	b1
Линейная	,974	74,552	1	2	,013	38,489	-,632
Экспоненциальная	,998	1112,810	1	2	,001	39,405	-,025

Примечание. * – При влажности окружающей среды 80–90 %; b1 – коэффициент регрессии.

Таблица 2 – Снижение температуры поверхностного слоя биообъекта при низкой влажности

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметров	
	R-квадрат	F	ст. св.1	ст. св.2	значимость	константа	b1
Линейная	,872	13,593	1	2	,066	36,994	-,621
Экспоненциальная	,914	21,176	1	2	,044	36,508	-,024

Примечание. * – При влажности окружающей среды 30–40 %; b1 – коэффициент регрессии.

Таблица 3 – Снижение температуры внутреннего ядра биообъекта при высокой влажности

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметров	
	R-квадрат	F	ст. св.1	ст. св.2	значимость	константа	b1
Линейная	,940	31,093	1	2	,031	47,606	-,749
Экспоненциальная	,978	89,073	1	2	,011	47,965	-,022

Примечание. * – При влажности окружающей среды 80–90 %; b1 – коэффициент регрессии.

Таблица 4 – Снижение температуры внутреннего слоя биообъекта при низкой влажности

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметров	
	R-квадрат	F	ст. св.1	ст. св.2	значимость	константа	b1
Линейная	,918	22,495	1	2	,042	44,466	-,725
Экспоненциальная	,963	51,649	1	2	,019	44,546	-,023

Примечание. * – При влажности окружающей среды 30–40 %; b1 – коэффициент регрессии.

Таблица 5 – Снижение электрической ёмкости ткани биообъекта при высокой влажности

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметров	
	R-квадрат	F	ст. св.1	ст. св.2	значимость	константа	b1
Линейная	,880	14,621	1	2	,062	222,620	-1,732
Экспоненциальная	,891	16,359	1	2	,056	222,085	-,009

Примечание. * – При влажности окружающей среды 80–90 %; b1 – коэффициент регрессии.

Таблица 6 – Снижение электрической ёмкости ткани биообъекта, при низкой влажности

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметров	
	R-квадрат	F	ст. св.1	ст. св.2	значимость	константа	b1
Линейная	,936	29,347	1	2	,032	196,743	-1,339
Экспоненциальная	,951	38,577	1	2	,025	196,758	-,008

Примечание. * – При влажности окружающей среды 30–40 %; b1 – коэффициент регрессии.

биообъектов и апробации измерительных приборов (цифровая метеостанция с выносным термодатчиком; термометр с металлическим термошупом; выносной датчик с мультиметром – для исследования диэлектрической проницаемости ткани, дистанционным

инфракрасным термометром для измерения поверхностной температуры), определяющих влияние действующих физических факторов на структурно-функциональную анатомическую организацию ткани, можно сформулировать следующие выводы:

1. Использование термометра с гигрометром (цифровая метеостанция с выносным термодатчиком) и термометра с металлическим термощупом в данной работе показало достаточно сопоставимую чувствительность этих «цифровых приборов» на изменение таких влияющих внешних факторов, как влажность и температурный режим на «временное» состояние биообъектов, приравненных по значению показателям, обнаруживаемым при помощи контактных методов, соответственно. Определение анатомо-морфологических цифровых данных поможет при определении времени наступления смерти на реальных экспертных человеческих объектах.

2. Обнаружение достоверной разницы ($P > 0,05$) изменений показателя температурного режима по наблюдаемым периодам времени (20 минут, 30 минут, 40 минут) в зависимости от заданных констант показателя влажности (30–40 %, 80–90 %), подтверждает наличие реального закономерного влияния указанных физических факторов на выбранную экспериментальную ткань.

3. Результаты исследования в данной работе также раскрывают надежную возможность продолжить апробацию этих приборов на реальных человеческих тканях, устанавливая микро- и ультрамикростроение человеческих органов и тканей, что, несомненно, повлияет на экспертную оценку в практической медицине.

Поступила: 13.08.24; рецензирована: 27.08.24;
принята: 29.08.24.

Литература

1. *Абаева Т.С.* Показатели морфофункционального состояния красного костного мозга человека в старческом возрасте / Т.С. Абаева // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 7. С. 171–174.
2. *Пиголкин Ю.И.* Судебная медицина: национальное руководство / Ю.И. Пиголкин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 672 с.
3. *Матышев А.А.* Судебная медицина: руководство для врачей / А.А. Матышев. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Гиппократ, 1998. 544 с.
4. Руководство по судебной медицине / под ред. В.Н. Крюкова, И.В. Буромского. М.: ИНФРА-М, 2017. 656 с.: ил.
5. Судебная медицина: национальное руководство / под ред. Ю.И. Пиголкина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 567 с.: ил.
6. Руководство по судебной стоматологии / под ред. Г.А. Пашиняна. М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2009. 528 с.: ил.
7. *Божченко А.П.* Установление принадлежности частей тела одному или разным трупам по дерматоглифическим признакам ладоней / А.П. Божченко, Е.В. Капустин // Судебно-медицинская экспертиза. 2020; 63 (5): 43–48.
8. *Исмаилов Н.К.* Опыт применения дистанционного инфракрасного цифрового термометра в практике судебно-медицинского установления давности наступления смерти / Н.К. Исмаилов, А.Э. Турганбаев, Ж.Н. Джуманалиев [и др.]. // Судебная медицина. 2018; 4 (1): 54–55.