

На правах рукописи

**РЫКУНОВ
ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ ТРУПА В
ПРЕСНОЙ ВОДЕ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ
КОЖНОГО ПОКРОВА**

3.3.5. Судебная медицина

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ижевская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
ВАВИЛОВ Алексей Юрьевич

Официальные оппоненты: БАРИНОВ Евгений Христофорович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры судебной медицины и медицинского права федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации

ДУБРОВИН Иван Александрович, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой патологической физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственной медицинской академии» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

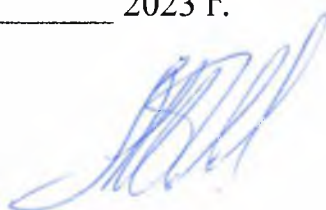
Защита состоится «___» _____ 20__ года в _____ часов на заседании диссертационного совета 21.1.057.01 (Д 208.070.01) на базе федерального государственного бюджетного учреждения «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 125284, г. Москва, ул. Поликарпова, д. 12/13.

Почтовый адрес: 125284, г. Москва, ул. Поликарпова, д. 12/13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://rc-sme.ru> федерального государственного бюджетного учреждения «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук



А.Л. Кочоян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и степень ее разработанности:

В случае обнаружения тела умершего в водоеме, одним из основных вопросов следователя является продолжительность пребывания трупа в воде (Чикун В.И., Лысый В.И., Карачев А.Ю. и др., 2005; Коротун В.Н., Витер В.И., 2008; Шамурзаев Т.Т., Архипова А.Н., Туркова В.Н., 2019; Едомский Е.А., 2022; Finkelbergs D., etc., 2022).

В судебно-медицинской практике имеется большое количество признаков, указывающих на контакт кожного покрова трупа с водой, по степени выраженности которых эксперт может судить о длительности нахождения умершего в указанных условиях.

Выпадение волос, выраженность гнилостных изменений, степень заселенности трупа водорослями, грибами, ракушками, насекомыми, степень выраженности мацерации кожного покрова и другие признаки в настоящее время оцениваются исключительно визуально, а учитывая, что сроки появления и дальнейшего их развития существенно разнятся в зависимости от конкретных внешних условий, объективность экспертного вывода может вызывать определенные сомнения. Кроме того, при росте количества дополнительных и повторных судебно-медицинских экспертиз по материалам дела, когда эксперты лишены возможности изучить тело умершего в первоначальном состоянии, использование только качественных характеристик при первичном описании трупа может негативно повлиять на точность определения длительности его пребывания в воде.

Поэтому, на наш взгляд, использование биофизических методов исследования, позволяющих инструментально зарегистрировать изменения, происходящие в биологическом объекте под влиянием внешних или внутренних факторов, недоступные для визуальной оценки, может способствовать объективизации процесса установления длительности пребывания трупа в воде.

Кожный покров является одной из естественных преград, защищающих организм человека от всевозможных воздействий внешней среды, и именно он одним из первых контактирует с водой при погружении в нее тела человека. При этом отмечено, что при исследовании микроскопическим методом первые явления ма-

церации могут быть выявлены уже через 1 час пребывания трупа в воде (Сундуков А.В., 1986; Пермяков А.В., Витер В.И., Неволин Н.И., 2003). Воздействие жидкости на кожу, её диффузия в мягкие ткани трупа сопровождается изменением в них соотношения сухое вещество/жидкость, что, естественно, приводит к изменению биофизических свойств тканей, которые можно зафиксировать импедансометрией.

Учитывая вышеизложенное, мы считаем, что фиксация цифрового значения полного электрического сопротивления кожного покрова трупа в разные сроки пребывания его в воде позволит выявить математические закономерности, позволяющие экспертам перейти от качественной оценки мацерации кожного покрова к количественной и тем самым объективизировать диагностическую процедуру.

Цель исследования:

Разработка дополнительного инструментального метода, позволяющего расчетным путем установить продолжительность пребывания трупа в пресной воде известной температуры с помощью количественной регистрации изменений коэффициента дисперсии электропроводности его кожного покрова.

Задачи исследования:

1. Разработать методику измерения полного электрического сопротивления кожного покрова трупа при продолжительном непрерывном (до 5-и сут.) воздействии на него пресной воды естественного водоема из региона ХМАО-Югра с фиксацией динамики изменения коэффициента дисперсии электропроводности (КДЭ) кожи в течение указанного периода времени.

2. Установить факт зависимости динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа при воздействии на него пресной воды от факторов, традиционно принимаемых во внимание в ходе выполнения медико-биологических исследований, а при выявлении таковых зависимостей детализировать их в форме математического выражения.

3. Установить характер регрессионной зависимости между показателями КДЭ кожного покрова трупа, контактирующего с пресной водой определенной температуры, и конкретными цифровыми значениями внешних температурных условий (+1-2°C, +3-14°C, +15-24°C, +25-30°C, +31-40°C).

4. Взаимосвязь между длительностью контакта кожи трупа с пресной водой и величиной КДЭ описать в форме системы неравенств, с достоверностью $\geq 95\%$, задающих границы, в пределах которых моделируется искомое время пребывания объекта в пресной воде известной температуры.

5. В «слепых экспериментах» *in vitro* и в ходе реальной экспертизы оценить эффективность созданного способа установления длительности пребывания трупа в пресной воде естественного водоема при известных температурах водной среды и разработать алгоритм прикладного использования предлагаемой новации, в том числе с применением соответствующей компьютерной программы.

Научная новизна результатов исследования:

Создана методика измерения полного электрического сопротивления кожного покрова трупа при продолжительном воздействии на него пресной воды естественного водоема, расположенного в регионе ХМАО-Югра, с учетом различных внешних температурных условий.

Определен характер изменения КДЭ кожного покрова трупа, длительно (до 5-и сут.) находящегося в пресной воде в диапазоне ее температур от $+1^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$, на основе математических выражений регрессионной зависимости, основанной на полиномах 2-й и 3-ей степени.

В ходе проведения математического моделирования количественно описана динамика изменения КДЭ кожного покрова трупа в зависимости от длительности его контакта с пресной водой следующих температур: от 1 до 24°C ; от 25 до 30°C и от 31 до 40°C – и определены погрешности применения формул для расчета продолжительности воздействия воды на тело.

Теоретическая и практическая значимость работы:

В прикладном судебно-медицинском аспекте изучена возможность регистрации полного электрического сопротивления кожного покрова трупа при длительном воздействии на него пресной воды естественного водоема.

Доказана целесообразность определения продолжительности воздействия пресной воды на кожный покров трупа импедансометрическим способом по динамике коэффициента дисперсии его электропроводности.

Изложены доказательства преимуществ применения импедансометрического способа в диагностике продолжительности пребывания трупа в воде для численной конкретизации указанного периода. Обоснована необходимость применения импедансометрии при исследовании трупов, кожный покров которых подвергался продолжительному воздействию водной среды естественного водоема, по сравнению с традиционной визуальной оценкой их изменений.

Изучены цифровые количественные характеристики коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа, длительно находящегося в условиях воздействия на него пресной воды различных температур, в зависимости от комплекса учитываемых факторов.

Проведена модернизация алгоритма судебно-медицинской диагностики длительности пребывания трупа в пресной воде. На основании полученных данных формируется суждение о продолжительности воздействия пресной воды на кожу трупа, подкрепляемое объективными результатами исследований с расчетом по оригинальным математическим формулам.

Значение результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработаны и внедрены методы объективизации длительности пребывания умершего в пресной воде различной температуры количественным методом – импедансометрическим исследованием его кожного покрова, разработаны формулы расчета, а также создана компьютерная программа, облегчающая реализацию метода в ходе судебно-медицинской экспертизы.

Методология и методы исследования:

В процессе изучения научных работ, выполненных другими исследователями, использовался исторический метод и метод аналогии, позволившие провести теоретическую разработку модели экспериментального исследования и осуществить выбор конкретного биофизического метода.

Использование систематизации при наборе первичного материала позволило в дальнейшем подробно обработать большой объем полученных данных.

При познании явлений, происходящих с кожей в процессе воздействия на нее пресной воды определенной температуры, как формы объективного научного изучения, были использованы – эксперимент и наблюдение.

Анализ влияния индивидуальных характеристик исследуемого объекта (пол, возраст, наличие этанолэмии, вариант танатогенеза, температура воды) на динамику изменения КДЭ кожи с помощью синтеза и индукции, позволил описать связи между динамикой изменения КДЭ и всеми учитываемыми в работе факторами.

Переход от абсолютных значений полного электрического сопротивления, измеряемого в Ом \cdot м, к безразмерной величине (коэффициенту дисперсии электропроводности – КДЭ) произведен с использованием абстрагирования, которое позволило сделать разрабатываемую методику независимой от конструкции измерительного аппарата, особенностей его настроек, а также области тела, в которой могут проводиться замеры.

Динамика изменения КДЭ кожного покрова в процессе его мацерации в воде формализована с помощью математического моделирования.

Метод, позволяющий от общей картины представления о фиксируемых в ходе эксперимента изменениях наблюдаемых явлений перейти к их частным характеристикам, именуемый дедуктивным, использован в процессе формулирования выводов.

Использование указанных методов научного исследования позволило решить поставленные задачи и достичь цели, сформулированной в начале работы.

Личное участие автора:

На основании анализа отечественной и зарубежной научной литературы автором показана актуальность разрабатываемой темы и обозначена научная проблема, что позволило сформулировать цель работы и задачи, решение которых даст возможность достичь поставленной цели. Экспериментальная часть работы полностью выполнена автором на трупном материале во время выполнения основных обязанностей врача – судебно-медицинского эксперта филиала «Отделение в городе Югорске» казенного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа «Бюро судебно-медицинской экспертизы». Обработка первичного материала, его анализ с использованием различных методов математического и статистического анализа, а также интерпретация результатов также выполнялись автором самосто-

ательно. На основе нелинейной регрессионной модели были разработаны оригинальные математические формулы, позволяющие получать расчетное время контакта кожи трупа с пресной водой определенной температуры, а также выработать неравенства, устанавливающие границы, в пределах которых находится искомое значение с достоверностью более 95%. Вместе с научным руководителем создана компьютерная программа «DOCSwater 1.0», которая значительно упрощает проведение расчетов в ходе использования нового метода в экспертной практике.

Диссертационное исследование рассмотрено и одобрено Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России (Протокол № 754 от 14.04.2023 г.).

Связь работы с научными программами, планами:

Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России (Приказ № 801/07-03 от 19.11.2018 года).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертации по направлению исследования соответствует пунктам 4, 12 и 13 паспорта научной специальности 3.3.5. Судебная медицина.

Положения, выносимые на защиту:

1. Коэффициент дисперсии электропроводности (КДЭ) кожного покрова трупа при продолжительном (до 5-и сут.) воздействии на него пресной воды естественного водоема изменяется с течением времени, и динамика его изменения может быть математически описана полиномиальным уравнением.

2. Индивидуальные особенности трупа, включающие в себя пол и возраст умершего, танатогенез, факт прижизненной этанолэмии, не влияют на динамику изменения КДЭ его кожного покрова в процессе пребывания в пресной воде.

3. Динамика изменения КДЭ кожного покрова трупа при воздействии на него пресной воды имеет зависимость от её температуры и может с высокой точностью (достоверность аппроксимации $\geq 95\%$) быть математически описана регрессионными уравнениями.

4. Разработанные математические выражения позволяют определять длительность воздействия на кожный покров трупа пресной воды в пределах 48 часов при температуре воды 1-24°C, 30 часов при температуре 25-30°C и 18 часов при температуре воды 31-40°C, с объективным установлением границ достоверности расчета.

5. Созданный алгоритм инструментального определения продолжительности пребывания трупа в пресной воде определенной температуры объективизирует данную диагностическую процедуру, что подтверждается полным совпадением результатов применения способа на изолированных объектах методом «слепого контроля», а также соотношением их со следственными данными в ходе реальной судебно-медицинской экспертизы.

Апробация диссертации:

Апробация диссертации проведена на расширенном заседании кафедры судебной медицины с курсом судебной гистологии ФПК и ПП ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, часть сотрудников которой являются членами НП «Приволжско-Уральская ассоциация судебно-медицинских экспертов», профессиональной некоммерческой организации «Ассоциация судебно-медицинских экспертов» и работниками БУЗ УР «Бюро судебно-медицинской экспертизы МЗ УР» (Протокол № 9 от 26.05.2023 г.).

Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на:

- межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы» (г. Ханты-Мансийск, 2020);
- межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы» (г. Ханты-Мансийск, 2023);
- научно-практической конференции «Судебная медицина: Актуальные вопросы» в рамках XV-ой Российской научно-практической конференции «Здоровье человека в XXI веке» (г. Казань, 2023);
- «Московском международном салоне образования» Международной ассоциации ученых, преподавателей и специалистов академии естествознания (г. Москва, 2023);
- межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы судебно-медицинской науки и практики» (г. Екатеринбург, 2023).

Публикации:

Основные этапы данного диссертационного исследования опубликованы в виде 4-х научных работ, 3 из которых в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов исследований на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

Реализация результатов исследования:

Практическая значимость подтверждается актами внедрения результатов научной работы в процесс обучения медицинских кадров в высших учебных заведениях и в практическую деятельность судебно-медицинских бюро нескольких регионов Российской Федерации: ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России (кафедра судебной медицины с курсом судебной гистологии ФПК и ПП); ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (кафедра патологической анатомии и судебной медицины); ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (кафедра судебной медицины); ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России (кафедра судебной медицины); КУ Ханты-Мансийского автономного округа «Бюро судебно-медицинской экспертизы»; ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» Минздрава Республики Башкортостан.

Структура и объем диссертации:

Структура диссертационной работы соответствует требованиям действующего ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Диссертация проиллюстрирована 134 таблицами и 45 рисунками, изложена на 196 листах формата А4 при односторонней печати и содержит следующие разделы: введение, обзор литературы, главу о материале и методах, собственные исследования в двух главах, заключение, выводы, практические рекомендации и список использованной литературы, включающий 151 источник, 22 из которых относятся к зарубежным публикациям.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования:

Научное исследование проводилось в период 2018-2023 гг. на базе филиала «Отделение в г. Югорске» казенного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Бюро судебно-медицинской экспертизы».

Экспериментальное моделирование проведено на объектах, изъятых от 68 трупов с различными причинами смерти, различного пола и возраста, смерть которых произошла в пределах одних суток до начала исследования. Кроме пола и возраста, фиксировались такие индивидуальные признаки, как вариант танатогенеза, присутствие либо отсутствие этилового спирта в крови умершего.

Основным исследовательским методом являлась импедансометрия, а непосредственно изучаемым явлением – динамика изменения полного электрического сопротивления кожного покрова трупа в процессе его пребывания в пресной воде определенной температуры, которая набиралась из русла пресноводной реки Эсс, протекающей по территории Советского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

От одного трупа из неповрежденных областей (без кровоподтеков, ссадин, ран и т.д.) забиралось пять кожных лоскутов размерами по 2х2 см, каждый из которых помещался в гистологическую (биопсийную) кассету и заливался по всем сторонам парафином, исключая поверхность кожи. Каждый изъятый объект помещался в отдельную емкость с постоянной искусственно поддерживаемой температурой воды – 1-2°C, 3-14°C, 15-24°C, 25-30°C и 31-40°C.

Каждые 6 часов пребывания объектов в воде в течении 5-ти суток с помощью измерителя параметров RLC АКПП-6109 и игольчатого погружного датчика (Рисунки 1, 2) производились замеры полного сопротивления кожного покрова электрическому синусоидальному току на трех частотах 100 Гц, 1 кГц и 10 кГц.

Безразмерная величина, равная отношению низкочастотного сопротивления к высокочастотному, называется коэффициентом дисперсии электропроводности (КДЭ). Его изменения дают наиболее четкое представление об электропроводности объекта (Онянов А.М., 2008).



Рисунок 1. Измеритель параметров RLC АКПП-6109

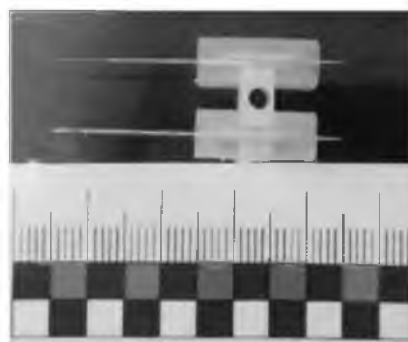


Рисунок 2. Погружной датчик, используемый совместно с прибором

Таким образом, после получения результатов измерения полного электрического сопротивления кожного покрова производился расчет КДЭ, а получаемые результаты заносятся в разработанные таблицы в программе Microsoft Excel.

Математическая обработка первичного исследовательского материала осуществлялась в соответствии с правилами, принятыми для медико-биологических исследований, на персональном компьютере (ноутбуке) фирмы MSI с операционной системой Windows 10 Home.

Программы Microsoft Excel 2016 и статистический пакет «IBM SPSS Statistics Version 23.0» были использованы при формировании баз данных и их статистической обработке, а также при построении графиков и диаграмм.

Текст диссертационной работы оформлялся с использованием редактора Microsoft Word 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После набора материала первостепенной задачей явилась математическая формализация регистрируемых изменений коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа.

Визуализация интересующего нас процесса осуществлялась путем построения графика, отражающего изменение КДЭ кожного покрова трупа во времени. К графику с целью математического описания фиксируемой зависимости КДЭ от

длительности контакта кожи с водой по критерию наивысшего соответствия добавлялась линия тренда. Вид регрессионной зависимости подбирался итеративным путем по величине коэффициента достоверности аппроксимации (R^2), которая для медико-биологических исследований должна превышать 95% (Гланц С., 1999).

Функционал программы Microsoft Excel позволил одновременно с подбором линии тренда отображать на графиках уравнение, описывающее динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа, находящегося в воде (Рисунок 3).

На данном этапе исследования было установлено, что КДЭ кожного покрова по мере увеличения длительности контакта с водой изменяется по нелинейному закону и наиболее достоверно описывается полиномиальным уравнением третьей степени с четырьмя коэффициентами.

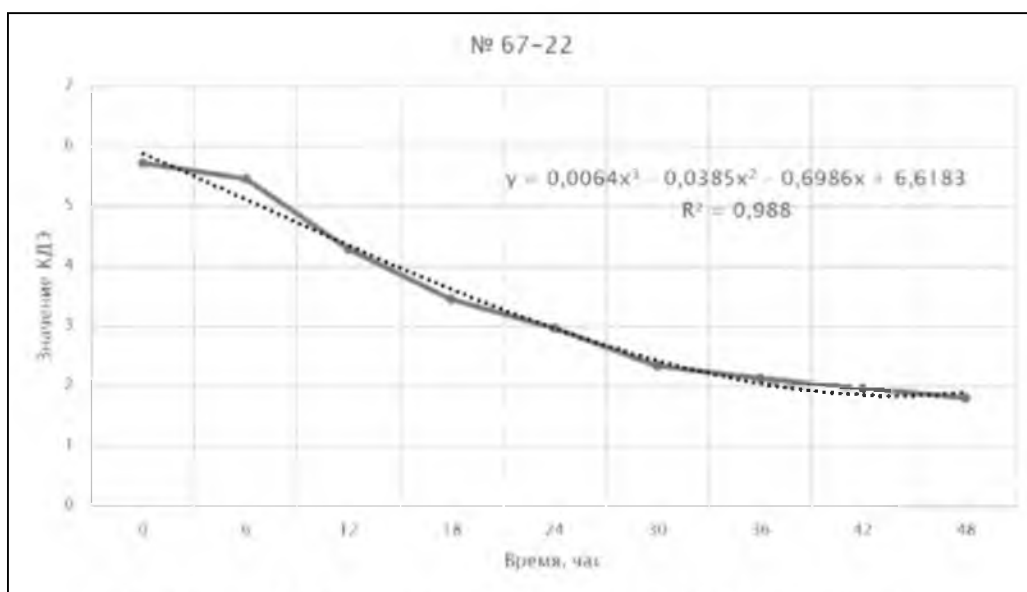


Рисунок 3. Формализация динамики изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова

Указанная зависимость математически выражается следующим образом:

$$y = A \times x^3 + B \times x^2 + C \times x + D \quad (1)$$

где y – значение параметра по оси y (значение КДЭ);
 x – значение параметра по оси x (время);
 A, B, C, D – коэффициенты полиномиального уравнения.

Графики были построены для каждого экспериментального наблюдения, в результате чего было получено 340 математических выражений.

На следующем этапе научно-исследовательской работы был проведён статистический анализ влияния индивидуальных характеристик исследуемого объекта

(пол и возраст умершего, причина его смерти, факт присутствия алкоголя в крови на момент смерти, вариант танатогенеза и температура воды) на значения коэффициентов (A , B , C и D) уравнений, описывающих каждое наблюдение.

Учитывая невозможность применения параметрических методов к величинам, не подчиняющимся нормальному закону распределения (Баврина А.П., 2021), при сравнительном статистическом анализе для правильного выбора метода (параметрический/непараметрический) учитывался тип распределения данных.

Применением коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена было доказано отсутствие зависимости динамики изменения КДЭ от возраста умерших.

При проведении попарного и множественного сравнительного анализа, используя параметрический модифицированный t -критерий Уэлча с применением поправки Бонферрони (для уровня значимости 0,025) и непараметрический Q -критерий (Данна), было подтверждено отсутствие зависимости динамики КДЭ от половой принадлежности умерших, типа танатогенеза и наличия/отсутствия в их организме этилового спирта на момент наступления смерти.

Множественный сравнительный анализа (критерий Ньюмена-Кейлса и Q -критерий Данна) показал, что температура пресной воды, с которой контактировал кожный покров трупа, влияет на динамику изменения его КДЭ. При этом полученные статистические данные позволили обоснованно выделить три достоверно отличающиеся друг от друга температурные группы: 1-24°C, 25-30°C и 31-40°C.

Учитывая установленную зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от температуры пресной воды, для каждой из сформированных групп были построены математические модели, описывающие изучаемый процесс (Рисунок 4).

Было выявлено, что КДЭ кожного покрова по истечении определенного времени контакта объекта с водой практически перестает изменяться. На наш взгляд, это обусловлено достижением некоего стабильного уровня насыщения его жидкостью в ходе ее диффузии в ткани, а продолжительность достижения этого уровня прямо обусловлена температурой водной среды, что указало нам на временные ограничения разрабатываемого способа диагностики длительности пребывания исследуемого объекта в пресной воде.

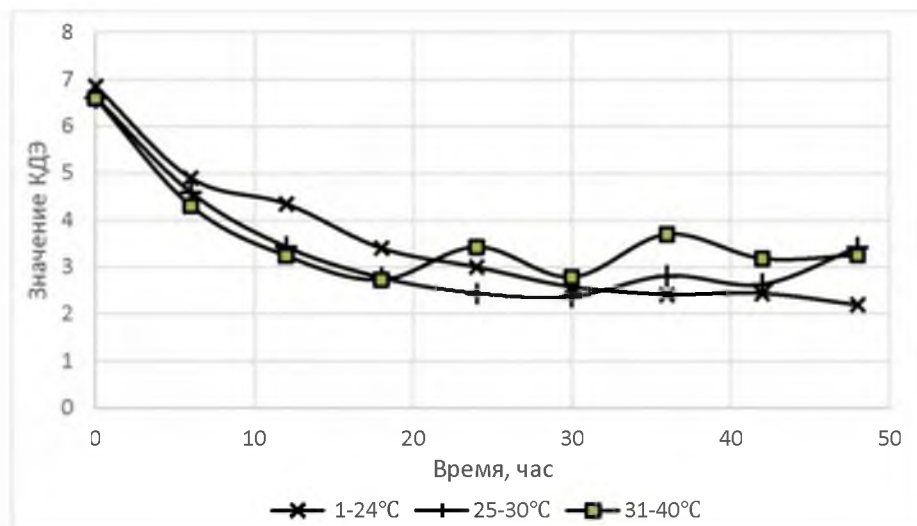
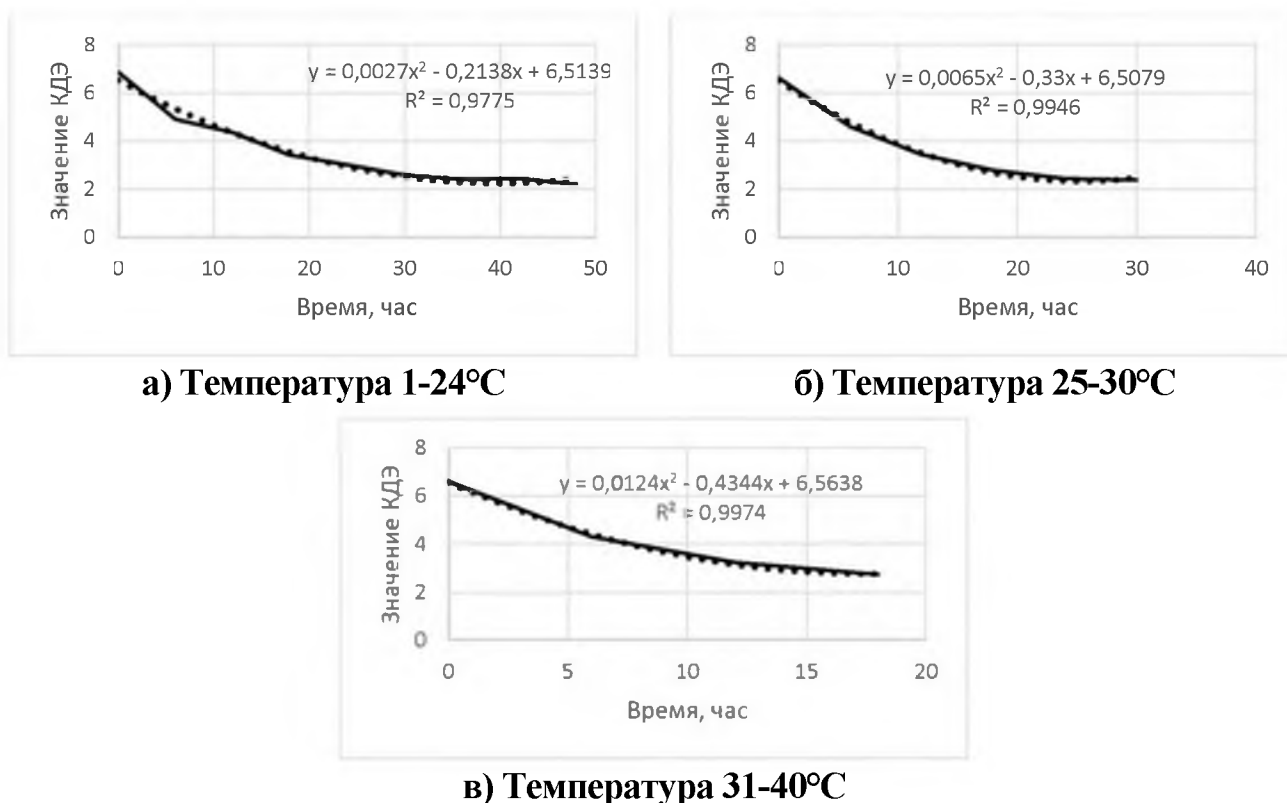


Рисунок 4. Динамика изменения КДЭ кожи в разных температурных режимах

Как следует из рисунка 4, для воды температурой 1-24°C период работоспособности метода составляет 48 часов, для воды температурой 25-30°C – 30 часов, а для воды температурой 31-40°C – 18 часов.

Далее для каждой из выделенных температурных групп были построены графики в пределах периодов работоспособности предлагаемого диагностического метода (Рисунок 5).



а) Температура 1-24°C

б) Температура 25-30°C

в) Температура 31-40°C

Рисунок 5. Динамика изменения КДЭ кожного покрова трупа в пределах работоспособности разрабатываемого метода

В процессе математической формализации зависимости динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа от длительности его пребывания в пресной воде, было установлено, что при всех температурных режимах указанная зависимость описывается полиномиальным уравнением 2-ой степени:

$$y = A \times x^2 + B \times x + C \quad (2)$$

где y – значение параметра по оси y (значение КДЭ);
 x – значение параметра по оси x (время);
 A, B, C – коэффициенты полиномиального уравнения.

Используя указанную зависимость в пакете программ «IBM SPSS Statistics Version 23.0», был проведен нелинейный регрессионный анализ, позволивший получить три математических уравнения, описывающих связь динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа с длительностью его пребывания в воде:

– в воде температурой 1-24°C

$$\text{КДЭ} = 0,003 \times \text{ДПТВ}^2 - 0,224 \times \text{ДПТВ} + 6,746 \quad (3)$$

– в воде температурой 25-30°C

$$\text{КДЭ} = 0,008 \times \text{ДПТВ}^2 - 0,379 \times \text{ДПТВ} + 6,706 \quad (4)$$

– в воде температурой 31-40°C

$$\text{КДЭ} = 0,012 \times \text{ДПТВ}^2 - 0,427 \times \text{ДПТВ} + 6,464 \quad (5)$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы);

Из полученных уравнений путем их последовательного преобразования были получены формулы для расчета длительности пребывания трупа в пресной воде определенной температуры по значению КДЭ его кожного покрова в пределах работоспособности метода при конкретных температурных условиях.

Для пресной воды температурой от 1°C до 24°C:

$$\text{ДПТВ} = 37,333 - \sqrt{|333,333 \times \text{КДЭ} - 854,889|} \quad (6)$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы).

Для пресной воды температурой от 25°C до 30°C:

$$\text{ДПТВ} = 23,688 - \sqrt{|125 \times \text{КДЭ} - 277,152|} \quad (7)$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы).

Для пресной воды температурой от 31°C до 40°C:

$$\text{ДПТВ} = 17,792 - \sqrt{|83,333 \times \text{КДЭ} - 222,123|} \quad (8)$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы).

Далее по алгоритму, предложенному А.В. Куликовым, Е.А. Коноваловым и А.Ю. Вавиловым (2006), выполнена оценка погрешности полученных выражений и созданы неравенства устанавливающие границы, в которых с вероятностью более 95% будет находиться длительность пребывания трупа в пресной воде, рассчитанная впервые созданным способом.

Границы доверительного интервала для длительности пребывания трупа в воде температурой от 1°C до 24°C рассчитываются по следующему неравенству:

$$0,9949 \times \text{ДПТВ}_p - 3,6903 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,9662 \times \text{ДПТВ}_p + 3,6331 \quad (9)$$

где ДПТВ_p – рассчитанная по формуле длительность пребывания трупа в воде;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде.

Границы доверительного интервала для длительности пребывания трупа в воде температурой от 25°C до 30°C рассчитываются по следующему неравенству:

$$0,7534 \times \text{ДПТВ}_p - 1,6457 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,8666 \times \text{ДПТВ}_p + 2,167 \quad (10)$$

где ДПТВ_p – рассчитанная по формуле длительность пребывания трупа в воде;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде.

Границы доверительного интервала для длительности пребывания трупа в воде температурой от 31°C до 40°C рассчитываются по следующему неравенству:

$$0,898 \times \text{ДПТВ}_p - 2,0886 \leq \text{ДПТВ} \leq 1,0317 \times \text{ДПТВ}_p + 2,5087 \quad (11)$$

где ДПТВ_p – рассчитанная по формуле длительность пребывания трупа в воде;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде.

Учитывая сложность формул и большой объем расчетов, для упрощения использования разработанного метода в практических экспертных наблюдениях с помощью среды программирования Delphi 7.0 была написана компьютерная программа «DOCSwater 1.0», которая самостоятельно проводит все расчеты, облегчая

рутинные процедуры. При этом участие судебно-медицинского эксперта в расчете длительности пребывания трупа в пресной воде заключается в следующих шагах:

– выбор интервала температур воды, в которой труп пребывал до момента его обнаружения;

– выбор продолжительности пребывания трупа в воде, ориентировочно установленной на основе макроскопических признаков, выявляемых в ходе осмотра мертвого тела;

– измерение электрического сопротивления кожи трупа на частотах 100 Гц и 10 кГц синусоидального тока и занесение полученных результатов в соответствующие окна программы;

– запуск процедуры расчета нажатием кнопки «Расчет».

В текстовом поле программы появится описание интервала, в котором с вероятностью более 95% находится длительность пребывания трупа в воде (Рисунок 8).

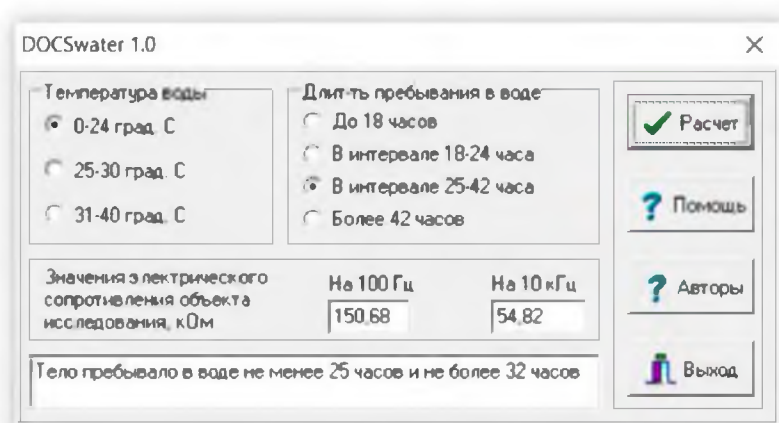


Рисунок 8. Диалоговое окно программы с внесенными исходными данными и полученным результатом расчета

Проверка работоспособности изложенной выше методики была проведена в 5-ти «слепых опытах» и одной практической экспертизе. Результаты использования разработанного импедансометрического способа определения длительности пребывания трупа в пресной воде определенной температуры совпадали с длительностью нахождения объектов в воде, что позволило прийти к заключению о возможности его использования в практической деятельности судебно-медицинских

экспертов в качестве дополнительного метода, объективизирующего экспертное мнение, основанное на использовании традиционных методик.

Все вышеизложенное позволило сделать ряд выводов и сформулировать практические рекомендации по использованию новых научных положений в судебно-медицинской экспертной деятельности.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного экспериментального исследования установлено, что коэффициент дисперсии электропроводности, регистрируемый в процессе длительного (до 5-и сут.) действия на кожный покров (кожные лоскуты, изъятые от трупа) пресной воды естественного водоема, нелинейно изменяется с течением времени. При этом динамика этого изменения с высокой степенью достоверности ($P \geq 95\%$) описывается полиномиальным уравнением 2-ой степени.

2. Доказано, что динамика изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа, находящегося под действием пресной воды, не зависит от пола и возраста умершего, а также от типа танатогенеза и наличия либо отсутствия этилового спирта в крови умершего, следовательно, указанные индивидуальные признаки не должны приниматься во внимание при импедансометрическом определении длительности пребывания мертвого тела в пресной воде.

3. Температура воды, длительно воздействующей на кожный покров трупа, непосредственно определяет динамику изменения коэффициента дисперсии его электропроводности. При этом КДЭ кожи трупа перестает изменяться в воде температурой 1-24°C через 48 часов, в воде температурой 25-30°C – через 30 часов, а в воде температурой 31-40°C через 18 часов, что обуславливает диапазоны температурных условий применимости метода.

4. Длительность пребывания трупа в пресной воде температурой 1-24°C в пределах 38 часов (температурный диапазон применимости метода) описывается математическим уравнением:

$$\text{ДПТВ} = 37,333 - \sqrt{|333,333 \times \text{КДЭ} - 854,889|}$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы).

В воде температурой 25-30°C в пределах 24 часов описывается уравнением:

$$\text{ДПТВ} = 23,688 - \sqrt{|125 \times \text{КДЭ} - 277,152|}$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы).

В воде температурой 31-40°C в пределах 18 часов описывается уравнением:

$$\text{ДПТВ} = 17,792 - \sqrt{|83,333 \times \text{КДЭ} - 222,123|}$$

где КДЭ – значение коэффициента дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде (часы).

Границы доверительного интервала для указанных температурных интервалов рассчитываются по следующим неравенствам:

– от 1°C до 24°C:

$$0,9949 \times \text{ДПТВ}_p - 3,6903 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,9662 \times \text{ДПТВ}_p + 3,6331$$

где ДПТВ_p – рассчитанная по формуле длительность пребывания трупа в воде;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде.

– 25°C до 30°C:

$$0,7534 \times \text{ДПТВ}_p - 1,6457 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,8666 \times \text{ДПТВ}_p + 2,167$$

где ДПТВ_p – рассчитанная по формуле длительность пребывания трупа в воде;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде.

– от 31°C до 40°C:

$$0,898 \times \text{ДПТВ}_p - 2,0886 \leq \text{ДПТВ} \leq 1,0317 \times \text{ДПТВ}_p + 2,5087$$

где ДПТВ_p – рассчитанная по формуле длительность пребывания трупа в воде;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде.

5. Проверка разработанных математических моделей в «слепых опытах» и в ходе судебно-медицинской экспертизы трупа показала возможность их практического применения как дополнительного метода инструментальной диагностики, что подтверждается в том числе совпадением экспериментальных результатов со значениями, полученными в ходе анализа следственных данных по расследованному случаю утопления. Для облегчения рутинного использования метода создана программа «DOCSwater 1.0», работающая на персональном компьютере с операционной системой Microsoft Windows любой версии.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для объективизации вывода о длительности пребывания трупа в пресной воде методом импедансометрии его кожного покрова рекомендуется использовать следующий алгоритм действий:

I. Подготовка и процедура измерения полного электрического сопротивления кожного покрова:

1. Перед началом осмотра трупа на месте его обнаружения с помощью термометра измеряется температура воды, в которой находился труп.

2. На основании комплекса визуальных признаков, традиционно используемых в судебно-медицинской практике, формируется суждение о приблизительной продолжительности пребывания трупа в воде.

3. Прибор для измерения полного электрического сопротивления (например, измеритель параметров RLC АКПП-6109) калибруется путем замыкания измерительных контактов и сброса полученного значения на 0.

4. Участок кожного покрова трупа, не прикрытый одеждой, без каких-либо телесных повреждений (кровоподтек, ссадина, рана, рубец и т.д.) очищается от загрязнений путем обмывания водой из водоема обнаружения тела и осушается до видимого отсутствия влаги на поверхности кожи промакивающими движениями чистой впитывающей тканью.

5. В выбранный и подготовленный для проведения процедуры участок осуществляется вкол погружного игольчатого датчика (конструкция датчика может зависеть от конкретного используемого измерителя) и производится измерение полного электрического сопротивления на частотах синусоидального тока 100 Гц ($R_{100 \text{ Гц}}$) и 10 кГц ($R_{10 \text{ кГц}}$) без извлечения датчика при переходе от одной частоты к другой.

II. Проведение расчетов:

6. Производится расчет коэффициента дисперсии электропроводности (КДЭ) кожного покрова путем деления результата измерения полного электрического сопротивления при частоте тока 100 Гц ($R_{100 \text{ Гц}}$) на результат, полученный на частоте тока 10 кГц ($R_{10 \text{ кГц}}$):

$$\text{КДЭ} = \frac{R_{100 \text{ Гц}}}{R_{10 \text{ кГц}}}$$

7. В соответствии с температурой воды, установленной на шаге 1 настоящего алгоритма, и результатом предварительного суждения о длительности пребывания трупа в воде, определенного на шаге 2, производится выбор формулы, по которой будет осуществляться расчет:

- в воде температурой 1-24°C в пределах 38 часов – по формуле (6).
- в воде температурой 25-30°C в пределах 24 часов – по формуле (7).
- в воде температурой 31-40°C в пределах 18 часов – по формуле (8).

8. Полученное при выполнении шага 6 значение КДЭ подставляется в соответствующую формулу (6-8), и производится расчет длительности пребывания трупа в воде (ДПТВ_р).

9. Полученное значение ДПТВ_р подставляется в неравенство, и производится расчет интервала, в пределах которого находится искомое значение длительности пребывания трупа в пресной воде:

- для воды температурой 1-24°C – по неравенству (9).
- для воды температурой 25-30°C – по неравенству (10).
- для воды температурой 31-40°C – по неравенству (11).

Границы, определенные на данном шаге, используются для формирования экспертного суждения на следующем шаге.

III. Формулирование суждения о длительности пребывания трупа в пресной воде:

10. Полученный результат расчетов рекомендуется представлять следующим образом:

«Учитывая показатели полного электрического сопротивления кожного покрова трупа, регистрируемые объективным импедансометрическим методом, а также температуру воды, в которой он находился, считаю, что длительность пребывания трупа гражданина/гражданки (ФИО) в воде составляет не менее (значение

нижней границы вычисленного интервала ДПТВ) и не более (значение верхней границы вычисленного интервала ДПТВ) до момента извлечения трупа из воды (указывается дата и время извлечения трупа из воды)»).

Для ускорения и упрощения проведения математических расчетов, минимизации вероятности ошибки и повышения удобства использования представленного способа рекомендуется применение компьютерной программы «DOCSwater 1.0».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Рыкунов, И. А. Об определении давности смерти человека в условиях отрицательных внешних температур / И. А. Рыкунов, Т. В. Найденова, А. А. Халиков, Л. В. Халикова // **Современные проблемы науки и образования**. – 2019. – № 2. – С. 93.

2. Вавилов, А. Ю. Импедансометрическая диагностика длительности пребывания трупа в воде (предварительное сообщение) / А. Ю. Вавилов, И. А. Рыкунов, А. А. Ершук, Т. И. Рыкунова // **Актуальные вопросы судебной медицины (сборник научно-практических статей)** под ред. Скребова Р. В., Кузьмичева Д. Е. и др. – Ханты-Мансийск: ООО «Печатный мир», 2023. – Вып. 7. – С. 85-90.

3. Вавилов, А. Ю. Об импедансометрической регистрации изменения электропроводности кожного покрова трупа в пресной воде / А. Ю. Вавилов, И. А. Рыкунов, А. В. Решетов // **Современные проблемы науки и образования**. – 2023. – № 2. – С. 58. – DOI 10.17513/spno.32465.

4. Вавилов, А. Ю. Определение длительности пребывания трупа в воде по степени выраженности мацерации его кожного покрова / А. Ю. Вавилов., А. А. Халиков, И. А. Рыкунов, К. О. Кузнецов, Р. Х. Сагидуллин // **Судебно-медицинская экспертиза**. – 2023. – 66 (3). – С. 64-68;
<https://doi.org/10.17116/sudmed20236603164>.