

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

**РЫКУНОВ
ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

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

3.3.5. Судебная медицина

Диссертация на соискание
ученой степени кандидата
медицинских наук

Научный руководитель:

Доктор медицинских наук,
профессор **А.Ю. Вавилов**

Ижевск - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Обзор литературы.....	19
1.1. Состояние вопроса судебно-медицинской оценки длительно- сти пребывания трупа в воде.....	19
1.2. Использование импедансометрии в судебно-медицинской практике.....	31
1.3. Использование импедансометрии кожного покрова в су- дебно-медицинской практике.....	35
Глава 2. Материалы и методы.....	39
2.1. Объект экспериментального исследования.....	39
2.2. Условия экспериментального моделирования пребывания трупа в воде.....	40
2.3. Предмет исследования и фиксация его характеристик в ходе экспериментального моделирования.....	43
2.4. Анализ полученных экспериментальных данных.....	46
2.5. Статистический анализ материала.....	49
2.5.1. Характеристика типа распределения данных.....	50
2.5.2. Корреляционный анализ.....	52
2.5.3. Парный и множественный сравнительный анализ.....	54
2.6. Регрессионный анализ и математическое моделирование ис- следуемого процесса.....	58
2.7. Проверка работоспособности метода.....	59
2.8. Написание программы для компьютера.....	59
Глава 3. Регистрация динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа при воздействии на него пресной воды и выявление индивиду- альных особенностей наблюдаемого процесса.....	60
3.1. Математическая формализация динамики изменения КДЭ кожного покрова.....	60
3.2. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от возраста умершего.....	62
3.2.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°С.....	64
3.2.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°С.....	65
3.2.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°С.....	67
3.2.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°С.....	68
3.2.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°С.....	69
3.3. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от принадлежности умершего к определенному полу.....	71
3.3.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°С.....	73
3.3.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°С.....	76
3.3.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°С.....	79

3.3.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.....	83
3.3.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.....	86
3.4. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от этанолэмии трупа.....	89
3.4.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°C.....	89
3.4.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°C.....	92
3.4.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°C.....	95
3.4.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.....	99
3.4.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.....	102
3.5. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от механизма умирания человека.....	105
3.5.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°C.....	106
3.5.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°C.....	110
3.5.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°C.....	113
3.5.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.....	117
3.5.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.....	121
3.6. Определение влияния температуры воды на динамику изменения КДЭ кожного покрова.....	125
3.6.1. Определение влияния температуры воды на коэффициент А полиномиальных уравнений.....	126
3.6.2. Определение влияния температуры воды на коэффициент В полиномиальных уравнений.....	127
3.6.3. Определение влияния температуры воды на коэффициент С полиномиальных уравнений.....	128
3.6.4. Определение влияния температуры воды на коэффициент D полиномиальных уравнений.....	129
Глава 4. Математическое моделирование изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа, находящегося в пресной воде.....	133
4.1. Изучение динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа при его пребывании в воде определенной температуры.....	133
4.2. Моделирование длительности пребывания трупа в воде известной температуры по величине КДЭ его кожного покрова.....	136
4.2.1. Регрессионный анализ и разработка математической модели для расчета длительности пребывания трупа в воде температурой 1-24°C по величине КДЭ его кожного покрова.....	138
4.2.2. Регрессионный анализ и разработка математической модели для расчета длительности пребывания трупа в воде температурой 25-30°C по величине КДЭ его кожного покрова.....	143

4.2.3. Регрессионный анализ и разработка математической модели для расчета длительности пребывания трупа в воде температурой 31-40°C по КДЭ его кожного покрова.....	146
4.3. Оценка погрешности способа определения продолжительности воздействия внешней водной среды на кожу трупа.....	150
4.4. Создание компьютерной программы для определения длительности пребывания трупа в воде.....	154
4.5. Проверка работоспособности апробируемого способа определения длительности пребывания трупа в воде.....	158
Заключение.....	164
Выводы.....	171
Практические рекомендации.....	174
Список литературы.....	177
Приложение 1.....	197

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

При проведении судебно-медицинской экспертизы трупа, обнаруженного в водоеме, важной задачей, стоящей перед экспертом, является определение срока пребывания тела 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 настоящее время судебные медики формируют вывод о длительности воздействия воды на тело умершего на основании изучения таких признаков, как степень развития и площадь распространения на трупе водорослей, грибов и ракушек, обнаружение живых насекомых (блохи, вши) и паразитов (аскариды) (Heaton V., Lagden A., Moffatt C., etc., 2010; Dalal J., 2020; Magni P.A., Tingey E., Armstrong N.J., etc., 2021), ориентировочные сроки выпадения волос, особенности и выраженность поздних трупных изменений и так далее (Ципковский В.П., 1960; Прозоровский В.И., 1968). Следует отметить, что большая часть специалистов зачастую отдают предпочтение наиболее популярному методу – оценке степени выраженности мацерации кожного покрова (Прозоровский В.И., 1968; Сундуков В.А., 1986; Пиголкин Ю.И., 2018).

Определение степени выраженности приведенных признаков, указывающих на контакт трупа с водой, является субъективным суждением врача – судебно-медицинского эксперта, так как их оценка проводится только визуально и может зависеть от таких факторов, как цвет и яркость освещения в момент осмотра трупа, а также опыт проведения подобных исследований.

Кроме того, в различных литературных источниках сроки появления и дальнейшего развития указанных «субъективных» признаков существенно разнятся, что явно не добавляет объективности основанному на них выводу эксперта. Разработанные же объективные способы по изменению массы волоса (Селимханов Ш.А., Юсуфов Р.М., 1974, 1982) и его повреждению водой

(Лазарева Н.А., Волосевич И.А., 2020) применимы либо для соленой воды, либо в поздние сроки постмортального периода.

Кожный покров человека является естественной преградой, которая одной из первых контактирует с окружающей средой и, конечно же, под ее влиянием изменяется. На наш взгляд, изучение этих изменений и их количественная фиксация может помочь в объективизации вывода о длительности пребывания трупа в пресной воде.

В настоящее время для фиксации различных изменений в тканях и органах умершего в судебной медицине широко используются биофизические методы, которые многократно доказали свою результативность в научных исследованиях (Плаксин, В.О., 1994; Вавилов А.Ю., Поздеев А.Р., 2006; Вавилов А.Ю., Халиков А.А., 2007).

Биофизическим методом является и импедансометрия, с помощью которой определяют изменение токопроводящих свойств различных тканей и структур человеческого тела. Оценка электропроводности уже успешно применяется при определении давности наступления смерти, образования повреждений и т.д.

Степень разработанности темы диссертации

Большинство исследований, касающихся вопроса определения длительности пребывания трупа в воде, было проведено в прошлом столетии, а современные подходы не получили должного распространения в связи с выявленными ограничениями в их применении. Так, часть из них создана для морской воды, а на территории нашей страны преобладают пресные водоёмы, другая часть требует дополнительного аппаратного оснащения экспертных учреждений либо применима лишь при длительном контакте тела с водой.

На основании вышеизложенного можно констатировать, что вопрос определения длительности контакта кожного покрова умершего с водой разработан явно недостаточно. При этом развитие в настоящее время относи-

тельно недорогих в использовании и хорошо себя зарекомендовавших биофизических методов позволяет перейти от качественной оценки признаков к количественной, что значительно повышает объективность экспертных выводов (Вавилов А.Ю., Халиков А.А., 2007).

Поэтому не вызывает сомнения актуальность разработки инструментального метода количественной оценки изменений кожного покрова трупа человека, находящегося в пресной воде.

Учитывая, что процесс изменения характеристик кожного покрова трупа под действием воды растянут во времени, фиксация цифрового значения его полного электрического сопротивления (импедансометрия) в разные промежутки времени позволит выявить зависимость между длительностью контакта кожи с водой и ее электрическим сопротивлением. Полученные данные позволят экспертам перейти от качественной оценки мацерации кожного покрова к количественной, а на основании созданной математической модели будет возможно разработать новый способ определения длительности пребывания трупа человека в пресной воде, который повысит объективность ответа на важный вопрос следствия.

Вышеизложенное определило цель и задачи исследования.

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°C до +40°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:

Анализ результатов настоящего исследования осуществлен на основе выполнения требований, реализующих современные принципы системного подхода к научному познанию, что повышает результативность работы и способствует ее большей объективности (Пономарев А.Б., Пикулева Э.А., 2014).

Схематическое изображение дизайна всех этапов научного исследования, проведенного автором данной работы, представлено на рисунке 1.1 в виде блочной структуры с кратким описанием каждого блока.

В процессе теоретической разработки модели экспериментального исследования и выборе биофизического метода, а именно изучении работ, выполненных другими авторами, использовался исторический метод и метод аналогии.

При наборе первичного материала использована систематизация, которая позволила в дальнейшем подробно обработать большой объем информации.

При познании явлений, происходящих в кожном покрове трупа в процессе воздействия на нее пресной воды определенной температуры, использован эксперимент – измерение электрического сопротивления.

Анализ влияния индивидуальных характеристик исследуемого объекта (пол, возраст, наличие этанолемии, 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.

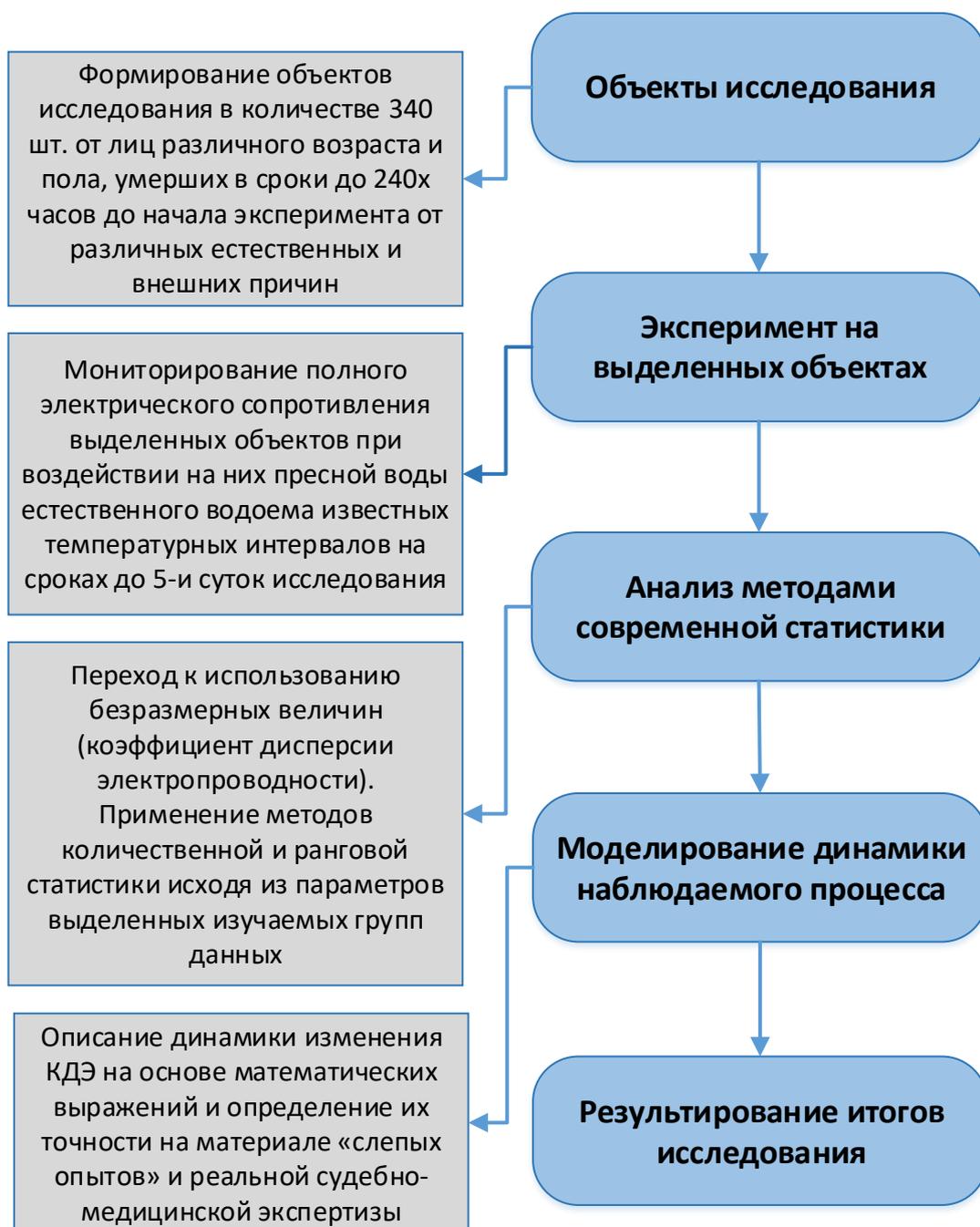


Рисунок 1.1. Блок-схема этапов исследования

Переход от абсолютных значений полного электрического сопротивления, измеряемого в Омах, 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.

Этическая корректность исследования

Исследование производилось в соответствии с концепцией «неиспрошенного согласия» («предполагаемого согласия»), при отсутствии на момент проведения экспертизы трупа в морге, устного или письменного указания самим лицом при жизни, его близкими родственниками или законным представителем, воли, запрещающей осуществление изъятия органов и/или тканей умершего человека для последующего их изучения в научных целях.

Отсутствие прижизненного устного волеизъявления самого лица о запрете изъятия от его трупа органов и тканей для научного исследования либо отсутствие соответствующих документов, фиксирующих ту или иную волю, согласно раздела II «Изъятие органов и (или) тканей у трупа для трансплантации» Закона РФ от 22.12.1992 года № 4180-1 «О трансплантации органов и (или) тканей человека» в редакции от 23.05.2016 года и Определения Конституционного Суда РФ от 10.02.2016 года № 224-О, трактуется как наличие положительного волеизъявления на осуществление такого изъятия.

Исследование осуществлялось также в соответствии с требованиями статей 47, 66 и 68 Федерального закона от 21.11.2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» в редакции от 06.03.2019 года после завершения судебно-медицинского исследования трупа,

то есть не создавало препятствий проведению полной и всесторонней судебно-медицинской экспертизы.

Изъятие объектов для исследования осуществлялось из области проведения стандартных разрезов при судебно-медицинской экспертизе, а необходимый размер кожных лоскутов не превышал 0,1% площади кожного покрова тела совершеннолетнего человека, то есть данная процедура не наносила эстетического вреда телу умершего человека и не обезобразивала его, что соответствует требованиям Федерального закона от 12.01.1996 года № 8-ФЗ «О погребении и похоронном деле» в редакции от 23.05.2018 года.

Все записи по исследованию являются конфиденциальными, в соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных» в редакции от 31.12.2017 года. Паспортные данные (ФИО) и другая персональная информация не использовались в публикациях, касающихся проведенного научного исследования. Доступ и использование информации, содержащейся в постановлении о назначении судебно-медицинской экспертизы и при наличии медицинской документации, разрешался для составления отчетов по данному исследованию в научный отдел ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, местные органы здравоохранения и научному сообществу в виде публикации статей и диссертационной работы, не содержащих персональных данных об умерших лицах, а также сведений, составляющих тайну следствия и судопроизводства.

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

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 соотнесением их со следственными данными в ходе реальной судебно-медицинской экспертизы.

Личное участие автора:

Все этапы данной научной работы не менее чем на 90% выполнены при непосредственном участии автора.

Автором выполнен анализ отечественной и зарубежной научной литературы, в ходе которого освещены современные способы судебно-медицинского установления длительности пребывания трупа в воде, а также дано краткое описание основных биофизических методов, используемых в экспертной практике, тем самым автор показал актуальность его научной работы.

Обозначив проблему, автор сформулировал цель работы и задачи, решение которых даст возможность достичь поставленной цели.

Набор материала для проведения экспериментальной части работы, от изъятия кожных лоскутов до измерения электрического сопротивления, полностью выполнен автором на трупном материале во время выполнения основных обязанностей врача – судебно-медицинского эксперта Югорского филиала казенного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Бюро судебно-медицинской экспертизы».

Автором выведено математическое описание динамики изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа в процессе его пребывания в пресной воде определенной температуры.

Обработка первичного материала, его анализ с использованием различных методов, а также интерпретация результатов самостоятельно выполнялись автором. Использование параметрических и непараметрических методов статистической обработки полученных экспериментальных данных позволило выявить степень влияния индивидуальных факторов исследуемого объекта на результаты измерений.

На основе нелинейной регрессионной модели удалось разработать оригинальные математические формулы, позволяющие получать расчетное время контакта кожи с пресной водой определенной температуры, а также для получения более точного результата определены неравенства, устанавливающие границы доверительного интервала с достоверностью более 95%. Совместно с научным руководителем создана компьютерная программа «DOCSwater 1.0», написанная в среде программирования «Delphi 7.0» на языке «Object Pascal», облегчающая использование нового метода в практической экспертной деятельности.

Реализация результатов исследования:

Подтверждением практической значимости данного исследования являются акты внедрения полученных результатов в учебный процесс высших медицинских заведений и экспертную деятельность сотрудников судебно-медицинских бюро нескольких регионов Российской Федерации:

– кафедра судебной медицины с курсом судебной гистологии ФПК и ПП ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России;

– кафедра патологической анатомии и судебной медицины ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России;

– кафедра 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;

– КУ Ханты-Мансийского автономного округа-Югры «Бюро судебно-медицинской экспертизы»;

– ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» Минздрава Республики Башкортостан.

Степень достоверности и апробации диссертации:

Автор принимал участие в различных по уровню (межрегиональных, всероссийских, международных) научно-практических конференциях с докладами, освещающими некоторые этапы данной диссертационной работы:

– межрегиональная научно-практическая конференция «Дефекты в оказании медицинской помощи. Причинно-следственная связь выявленных дефектов с неблагоприятными последствиями в оказании медицинской помощи», посвященной 25-летию образования КУ ХМАО-Югры «Бюро судебно-медицинской экспертизы» (г. Ханты-Мансийск, 2020);

– межрегиональная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы», посвященная заслуженному врачу РФ, доктору медицинских наук, профессору О.М. Зороастрову (г. Ханты-Мансийск, 2023);

– научно-практическая конференция «Судебная медицина: Актуальные вопросы» в рамках XV-ой Российской научно-практической конференции «Здоровье человека в XXI веке» (г. Казань, 2023);

– «Московский международный салон образования» Международной ассоциации ученых, преподавателей и специалистов академии естествознания (г. Москва, 2023);

– межрегиональная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы судебно-медицинской науки и практики», посвященная 20-летию создания Приволжско-Уральской ассоциации судебно-медицинских экспертов (г. Екатеринбург, 2023).

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 НКО «Ассоциация судебно-медицинских экспертов» и работниками БУЗ УР «Бюро судебно-медицинской экспертизы МЗ УР» (протокол № 9 от 26.05.2023 г.).

Публикации:

Основные этапы диссертационного исследования представлены 4 научными работами, из них 3 публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ для освещения материалов исследований на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

Связь работы с научными программами, планами:

Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР 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.

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».

Диссертационная работа проиллюстрирована 134 таблицами и 45 рисунками и изложена на 196 листах формата А4 при односторонней печати:

из них: «Введение» – 14 страниц;

«Обзор литературы» – 20 страниц;

«Материалы и методы» – 21 страница;

Собственные исследования в двух главах – 104 страницы;

«Заключение» – 7 страниц;

«Выводы» в количестве 6-ти изложены на 3 страницах;

«Практические рекомендации» – 3 страницы;

«Список использованной литературы» – 20 страниц; представлен 151 источником, из них 22 является зарубежным.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Состояние вопроса судебно-медицинской оценки длительности пребывания трупа в воде.

Обнаружение умершего в том или ином водоеме является основанием для назначения судебно-медицинской экспертизы трупа (Коротун В.Н., Наумова Н.А., 2008; Конорева А.К., Хасанянова С.В., 2010; Светлаков А.В., Давыдова З.В., 2012; Чикун В.И., Хлуднева Н.В., Парилов С.Л., 2014). В работе следственно-оперативных групп местом обнаружения трупа могут являться различного рода водоемы, как естественные (море, река, озеро и т.д.), так и искусственные (плавательный бассейн, колодец, резервуары с водой) (Коротун В.Н., Витер В.И., 2008; Шамурзаев Т.Т., Архипова А.Н., Туркова В.Н., 2019; Finkelbergs D. et al., 2022).

Основной версией причины нахождения трупа в воде зачастую считают утопление, которое рассматривается как несчастный случай, однако встречаются случаи убийства и самоубийства (Finkelbergs D. et al., 2022). Кроме того, для преступников любого рода водоём – это одно из любимых мест для сокрытия трупов (Ляхов А.О., Хохлов В.В., 2017; Lee S-Y., Ha E-J., Cho H-W., 2019). Таким образом, ведущими причинами обнаружения трупа в водоеме считают: утопление; смерть в воде от заболевания; смерть в воде от повреждения; умышленное помещение трупа в воду (Матышев А.А., 1989; Конорева А.К., Хасанянова С.В., 2010; Armstrong E.J., Erskine K.L., 2018). Поэтому в случае обнаружения трупа в воде для органов правопорядка чрезвычайно важным, независимо от первоначальной следственной версии, является последовательное исключение всех возможных и наиболее вероятных причин

смерти, в том числе насильственных (Панченко И.В., 2009; Потемкин А.М., Солохин Е.В., Горностаев Д.В., 2013; Ляхов А.О., Хохлов В.В., 2017). При этом не менее важными вопросами, решаемыми при проведении судебно-медицинской экспертизы, помимо причины смерти, является суждение о прижизненном или посмертном попадании человека в водоем и давности пребывания трупа в воде (Чикун В.И., Лысый В.И., Карачев А.Ю. и др., 2005; Едомский Е.А., 2022). Частично получению ответов на данные вопросы способствует работа судебно-медицинского эксперта в качестве специалиста на месте обнаружения трупа (Коротун В.Н., Витер В.И., 2008; Панченко И.В., 2009; Кокорин П.А., Лимеров А.Б., 2011; Пироженов С.А., Серебров Д.О., 2012; Гусенцов А.О., 2015).

Наличие большого количества литературы и высокий уровень развития судебно-медицинской науки позволяют опытным экспертам отвечать на вопросы о причине и давности наступления смерти без особых трудностей.

Серьезной проблемой при осмотре и исследовании трупа, извлеченного из воды, может стать достоверное определение длительности его пребывания в воде (Прозоровский В.И., 1968; Лазарева Н.А., Волосевич И.А., 2020). В случае, если причиной смерти установлено утопление, а дополнительными методами исследования подтверждена смерть в конкретном водоеме, вопрос о длительности пребывания трупа в воде решается совместно с вопросом установления давности наступления смерти – данные периоды будут примерно совпадать (Humphreys M.K. et al., 2013; Finkelbergs D., etc, 2022).

Однако отсутствие на трупе, извлеченном из водоема, повреждений и наличие признаков, характерных для пребывания в воде, вовсе не предопределяет констатацию факта смерти от утопления (Панченко И.В., 2009). В практической деятельности встречаются случаи, когда причина смерти извлеченного из водоема человека, установлена как насильственная, но не является утоплением (травма, странгуляционная асфиксия, отравление и т.п.). Известно немало случаев погружения трупов в различные жидкости с целью сокрытия

преступления и симулирования несчастного случая (Ципковский В.П., 1960; Матышев А.А., 1989; Гусенцов А.О., 2015). В таких случаях установленная длительность пребывания трупа в воде может не соответствовать давности наступления смерти, и наиболее точное определение этих двух периодов будет носить принципиальный характер для следствия.

По мнению В.А. Сундукова (1986), морфологические изменения, обнаруженные при исследовании трупа, извлеченного из воды, можно разделить на три большие группы, в зависимости от этапа, на котором они выявлены: при наружном осмотре, внутреннем или лабораторном исследовании.

При этом значительную группу признаков, обнаруживаемых при изучении мертвого тела, длительно пребывавшего в условиях водной среды, иногда ошибочно относят к признакам, подтверждающим диагноз утопления, хотя в действительности они характеризуют лишь особенные изменения тела, обусловленные контактом с водой и её воздействием на него. Поэтому судебно-медицинским экспертам необходимо четко знать и уметь отличать признаки, указывающие на смерть от утопления, от признаков характерных для контакта трупа с водой (Ципковский В.П., 1960; Сундуков В.А., 1986).

В первую очередь к таким признакам относят мацерацию кожного покрова (лат. «*maceratio*» – размягчение, вымачивание) – набухание, разрыхление и постепенную отслойку эпидермиса кожи с выпадением волос (Самойличенко А.Н., 2006).

Именно по степени выраженности мацерации кожного покрова зачастую определяют длительность контакта трупа с водой (Хвалева Н.А., Добрынин А.С., Видревич С.Э. и др., 2021). При этом большинство исследователей утверждают о полной независимости её появления и дальнейшего развития от причины смерти (Сундуков В.А., 1986; Гусенцов А.О., 2015).

В 1958 году С.П. Дидковская предложила выделить три степени выраженности мацерации ладоней и стоп:

1-я степень – слабо выраженная мацерация (побеление и разрыхление эпидермиса, окаймляющего ногтевые ложа, и эпидермиса пяток);

2-я степень – хорошо выраженная мацерация (резкое побеление эпидермиса стоп и кистей, сморщивание кожи);

3-я степень – резко выраженная мацерация (полное отхождение эпидермиса вместе с ногтями).

Следует отметить, что в судебно-медицинской литературе все авторы, описывающие процесс развития мацерации кожного покрова, в той или иной степени придерживаются деления, предложенного С.П. Дидковской, также ориентируясь преимущественно на ладони и стопы, при этом указывая на относительность и усредненность приводимых сроков.

Так, В.Н. Крюков и И.В. Буромский (2014) отмечают появление первых признаков мацерации в виде жемчужно-белой окраски лица, ладоней и подошв через несколько часов после попадания трупа в воду, без указания конкретных временных интервалов.

По данным М.И. Райского (1953), побеление и сморщивание подушечек пальцев можно заметить через 2-3 часа.

Другие авторы отмечают появление морщинистости и бледности кожи на концах пальцев через 3-6 часов пребывания трупа в воде (Попов Н.В., 1938; Мельников Ю.Л., Жаров В.В., 1978; Сундуков В.А., 1986; Гусенцов А.О., 2015; Пиголкин Ю.И., 2018).

Приблизительно такие же сроки (2-6 часов) появления первых признаков набухания эпидермиса и приобретения серовато-белого цвета в области ладоней и стоп указывают В.В. Хохлов и Л.Е. Кузнецов (1998).

При продолжении воздействия воды на труп мацерация кожного покрова отмечается на тыльных поверхностях кистей и стоп – условно 2 степень мацерации. Сроки развития этого явления также у различных авторов отличаются.

Часть авторов (Смолянинов В.М., 1982; Хохлов В.В., Кузнецов Л.Е., 1998) отмечает хорошо выраженное набухание эпидермиса на всей коже трупа, а особенно резко на ладонях, к 3-4 дню пребывания трупа в воде.

Бокариус Н.С. (1925) и Райский М.И. (1953) отмечали появление мацерации на ладонях к 3-5 суткам, а на всей кисти к 8-12 суткам.

Однако большинство авторов (Сундуков А.В., 1986; Гусенцов А.О., 2015; Пиголкин Ю.И., 2018) указывают, что через 2-е суток кожа ладоней и подошв бледнеет и сморщивается, а через 5-8 дней на кистях становится морщинистой, набухшей, беловатой (так называемая «рука прачки»).

Описывая дальнейшие изменения, все авторы сходятся во мнении, что к концу первой недели эпидермис на ладонях начинает отслаиваться, а позже (более 8 дней) вместе с ногтями легко отделяется от кистей рук (так называемые «перчатки смерти»), чему в значительной мере способствуют окружающая температура и развитие гнилостной трансформации трупа (Попов Н.В., 1938; Ципковский В.П., 1960; Прозоровский В.И., 1968; Мельников Ю.Л., Жаров В.В., 1978; Смолянинов В.М., 1982; Сундуков А.В., 1986; Хохлов В.В., Кузнецов Л.Е., 1998; Самойличенко А.Н., 2006; Крюков В.Н., Буромский И.В., 2014; Гусенцов А.О., 2015; Пиголкин Ю.И., 2018).

Таким образом, по имеющимся данным видно, что макроскопические признаки мацерации кожного покрова появляются через несколько часов после погружения трупа в воду. При этом отмечено, что при исследовании микроскопическим методом первые явления мацерации 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).

Согласно приведенным данным, первые признаки мацерации в виде набухания эпидермиса и увеличения размеров клеток отмечаются в поверхностных слоях рогового слоя, постепенно распространяясь на его глубокие отделы. При этом роговые чешуйки не контурируются, в отпечатках с поверхно-

сти обнаруживаются клетки, изменившие свою ромбовидную форму на овальную, а их ядра слабо окрашиваются. По мере усиления набухания эпидермиса на его поверхности происходит отторжение конгломератов из роговых чешуек, а в толще рогового слоя образуются полости, за счет чего местами роговой слой приобретает ячеистую структуру. При этом набухшие ядра клеток зернистого и шиповатого слоев становятся светлыми с подбололочечным расположением хроматина, а контуры клеток базального слоя нечеткими, с «вакуолями» в цитоплазме. Далее на поверхности эпидермиса образуются большие дефекты с неровными краями, а разрыхление, расщепление и ячеистость рогового слоя сочетается с трещинами и полостями в других слоях эпидермиса. Затем эпидермис начинает отторгаться от собственно кожи, обнажая ее поверхность. Отторгнутый эпидермис превращается в глыбчатую мутную массу, окрашивающуюся базофильно. После отделения эпидермиса наружный рельеф кожи утрачивает типичные сосочковые выступы и оказывается представленным слегка волнистой линией. Изменения в собственно коже заключаются в набухании коллагеновых волокон и исчезновении ядер в производных кожи и в соединительнотканых клетках (Сундуков А.В., 1986; Пермяков А.В., Витер В.И., Неволин Н.И., 2003).

Таким образом, при исследовании трупа, извлеченного из воды, имея довольно размытые и приблизительные сроки развития мацерации, также следует учитывать, что на её развитие значительное влияние оказывает температура воды и возраст человека. В теплой воде процесс идет быстрее, чем в холодной (Сундуков А.В., 1986; Жульжик Е.А., 2015; Едомский Е.А., 2022; Finkelbergs D., etc, 2022). У пожилых людей мацерация наступает раньше, так как их кожа сухая и морщинистая за счет снижения функции сальных желез. У новорожденных детей при наличии первородной смазки процесс мацерации значительно замедляется (Мельников Ю.Л., Жаров В.В., 1978; Сундуков А.В., 1986).

Ориентировочные сроки набухания и отделения эпидермиса для взрослых, определяемые микроскопически, описаны А.В. Пермяковым, В.И. Вите-ром и Н.И. Неволлиным (2003).

Анализ приведенных литературных источников позволяет заключить, что у различных авторов и исследователей как макроскопические, так и микроскопические сроки появления и дальнейшего развития мацерации кожного покрова, разнятся, что явно не добавляет объективности выводу эксперта о длительности пребывания трупа в воде.

Использование закономерностей остывания трупа в постмортальном периоде с целью определения длительности его пребывания в воде не нашли практического применения (Крюков В.Н., Буромский И.В., 2014).

Важным фактом, подтверждающим утопление и позволяющим прибли-зительно определить длительность пребывания умершего в воде, является наличие диатомового планктона в его тканях и органах (Алтаева А.Ж., Галицкий Ф.А., Айдаркулов А.Ш., 2013). В.И. Чикун, В.И. Лысый, А.Ю. Карачев и соавторы (2005), изучая морфометрические параметры панцирей диатомей в почках утонувших людей, статистическими методами доказали влияние на указанные параметры времени года, в которое произошло утопление, а также что видовой спектр диатомовых водорослей, определяемый в минерализатах органов, зависит не от места обнаружения трупа, а от места смерти человека.

Еще одним признаком пребывания трупа в воде является выпадение во-лос. Этот процесс связан с разрыхлением эпидермиса и набуханием коллагеновых структур кожи, что обусловлено не только мацерацией, но и гниением кожи (Сундуков А.В., 1986; Bloch-Bogusławska E., Paradowska A., Pięcyk K., 2008). По мнению М.И. Авдеева (1960), волосы легко отделяются одновременно с эпидермисом. По данным В.П. Ципковского (1960), через 10-20 дней пребывания трупа в воде волосы легко выдергиваются даже при незначительном по силе потягивании, позже они сами выпадают в виде пучков. Часть ав-

торов (Смольянинов В.М., 1982; Хохлов В.В., Кузнецов Л.Е., 1998; Едомский Е.А., 2022) указывают, что выпадение волос начинается через 2 недели, а к концу 1-го месяца, особенно в теплой воде, может наступить полное облысение трупа человека.

Однако не только выпадение волос может указывать на срок пребывания трупа в воде. Так, в 70-е годы XX века проводилось изучение диффузии в волос человека морской воды различной температуры с параллельной оценкой изменения его массы. На основании полученных результатов Ш.А. Селимхановым и Р.М. Юсуфовым (1974, 1982) был запатентован способ определения длительности пребывания трупа в морской воде с учетом её температуры. Суть данного способа в том, что спустя некоторое время волос человека не способен больше «впитывать» воду, следовательно, его вес стабилизируется и больше не изменяется. Согласно исследованиям, при температуре 6-7°C это происходит на 10-11 сутки, а при температуре 22-26°C – на 7-8 сутки.

В наше время Н.А. Лазарева и И.А. Волосевич (2020) исследовали 16 образцов волос (окрашенные, завитые, обесцвеченные, черные), помещенных в различную водную среду (речная, озерная и морская) при температуре 20-22°C и естественном освещении. В результате они констатировали, что пребывание волос в водной среде в течение 9 месяцев не приводит к каким-либо визуальным макроскопическим изменениям, а микроскопические изменения в виде разрушения сердцевины, набухания кортекса и деформации кутикулы появлялись через 4,5 месяца. Кроме того, авторами отмечено, что независимо от специфики воды (речная, озерная, морская) в образцах происходили однотипные изменения, и единственным фактором, влияющим на характер этих изменений, явилось прижизненное травмирование в виде завивки, окрашивания либо обесцвечивания.

Описанные методики определения длительности пребывания трупа в воде по изменениям волос не получили широкого применения, так как разра-

ботки авторов требуют дополнительного оснащения танатологического отделения прецизионной аппаратурой (весами, способными показывать вес объекта с точностью до 0,000001 грамма, либо биологическим микроскопом с увеличением от 560 до 1350).

Труп, находящийся в воде, постепенно начинает подвергаться гниению (Смольянинов В.М., 1982), при повышенной температуре этот процесс развивается довольно быстро (Пиголкин Ю.И., 2018). При более низкой температуре (в холодной воде), в условиях дефицита кислорода, посмертное разложение происходит медленнее, чем на воздухе, но после извлечения трупа из воды гнилостные процессы, особенно в теплое время года, протекают чрезвычайно бурно (Simmons T., Moffatt C., Lagden A., 2010; Guo J.J., Fu X.L., Cai J.F., 2019; Finkelbergs D., etc., 2022), поэтому у судебно-медицинских экспертов имеется рекомендация исследовать извлеченные из воды трупы в наиболее кратчайшие сроки (Прозоровский В.И., 1968; Теньков А.А., 2005). Кроме того, следует учитывать, что трупы, погруженные в пресную воду, быстрее подвергаются гниению, в отличие от морской воды, где высокая концентрация солей замедляет активность бактерий (Byard R.W., 2018).

При достаточном накоплении гнилостных газов во время пребывания в воде труп всплывает. Время, через которое труп окажется на поверхности водоема, зависит от многих факторов: температура воды, глубина погружения, наличия на трупе груза и т.д. (Guo J.J., Fu X.L., Cai J.F., 2019; Li X., Zhou Y.P., He S.W. et al., 2022). При этом подъемная сила скопившихся в трупе газов настолько велика, что труп массой 60-70 кг всплывает на поверхность даже с привязанным к нему 30-килограммовым грузом. В водоемах с теплой водой труп всплывает не раньше 2-3 суток, а в холодной воде, в связи с замедлением процессов гниения, он может находиться под водой неделями и даже месяцами (Прозоровский В.И., 1968; Матышев А.А., 1989). По данным японского исследователя J. Furuno (1965), с июля по сентябрь при утоплении на глубине 1-2 м

труп всплывает через 14-24 часа; на глубине 4-5 м – через 1-2 дня; на глубине 30 м – через 3-4 дня.

Heaton V. и соавторы (2010), сопоставляя данные из материалов ста восьмидесяти расследований, отчетов с места происшествий и результатов исследований трупов, извлеченных из рек в Соединенном Королевстве, создали единую линейную регрессионную модель, описывающую зависимость между степенью разложения тела и длительностью его пребывания в пресной воде. Команда M.A. van Daalen (2017) разработала модель для расчета разложения мертвого тела в водной среде (шкала ван Даалена) и применила ее для установления длительности пребывания трупов, извлеченных из Северного моря и пресных рек в Нидерландах. Позже исследователи под руководством S. Palazzo (2021), проведя собственные исследования, доказали, что обе методики оценки разложения трупа в воде (Heaton V. и van Daalen M.A.) работоспособны для вод Адриатического моря.

Humphreys M.K. и соавторы (2013) применили гистологическое исследование для определения длительности пребывания трупа в пресной воде, используя в качестве экспериментального материала поросят. Изучение образцов показало, что разложение тканей в воде с течением времени происходит относительно предсказуемо и может использоваться для определения длительности пребывания трупа в ней. Кроме того, изучение гистологических образцов внутренних тканей минимизирует загрязнение исследуемых останков водорослями и их повреждение животными.

Процессы гниения тела, изначально населенного микроорганизмами, не могут происходить без присутствия таковых из окружающей среды. Так, S. Cartozzo и соавторы (2021) изучали динамику изменения микробиома в костях свиней, погруженных в пресную часть реки Джеймс (США) с ноября 2017 по 2018 год, в результате чего ими была разработана методика определения давности пребывания останков (лопатки и ребра свиньи) в пресной воде в период с 27-29 дней до одного года. Finkelbergs D. и соавторы (2022) исследовали

динамику изменения микробиома в эпинекротической биопленке трупов свиней. По результатам экспериментального исследования они успешно идентифицировали структуры эпинекротического и эпилитического бактериального сообщества в процессе разложения туш, погруженных в непроточные пруды в течение двух сезонов (зима/лето). Полученные предварительные данные, после изучения механизмов влияния факторов окружающей среды и водного бактериопланктона, можно будет рассматривать в качестве достаточно точного индикатора длительности пребывания трупа в воде.

Труп, находящийся в воде, является органическим питательным веществом и, как следствие, поверхностью для прикрепления водорослей. Их количественный и качественный анализ, а также знание цикла их развития, в совокупности с другими признаками, можно использовать для установления времени пребывания трупа в воде и точного определения места предполагаемого утопления (Thakar M.K., Rajvinder S., 2010; В.Н. Крюков, И.В. Буромский, 2014).

По данным отечественной литературы, хаотично расположенные по телу водоросли в виде пушка иногда обнаруживаются уже на 8-й день, а к 18-21-ому дню зачастую поверхность трупа полностью покрывается водорослями. К концу месяца тело практически очищается, что обусловлено циклом развития водорослей, однако спустя неделю процесс колонизации трупа водорослями повторяется (Ципковский В.П., 1960; Матышев А.А., 1989). В некоторых случаях с середины второй недели пребывания трупа в воде появляются ярко-красные либо синие колонии грибков в виде небольших кругов диаметром 0,2-0,4 см (Ципковский В.П., 1960).

В зарубежных исследованиях тоже активно изучается процесс заселения трупа растительностью. Так C-h. Hyun и соавторы (2019) с помощью секвенирования установили динамику колонизации трупа водорослями и показали, что их относительная видовая численность изменяется в зависимости от длительности пребывания трупа в воде.

В 2016 году D. Pirtle, P.A. Magni и соавторы (2019), учитывая, что подавляющее большинство тел, найденных в море, были одеты, провели статистический анализ общей плотности колонизации и предпочтения поселений некоторых видов ракушек на спортивных и лакированных туфлях, погруженных на семь месяцев в воды Бостонской гавани (США). В результате проведенной работы они установили значительную разницу в плотности колонизации между спортивной обувью и лакированными туфлями, причем на вторых наблюдалась более высокая плотность заселения. Кроме того, было обнаружено, что размер ракушек зависит от температуры воды и типа поверхности обуви, а их количество, то есть степень колонизации объекта, – от времени, проведенного в воде. В дальнейшем P.A. Magni и соавторы (2020) изучали развитие ракушек на различных тканях (хлопок, атлас, бархат и неопрен), установив, что количество и размер колонизирующих ракушек очень сильно зависит от времени пребывания ткани в воде побережья Перта (Западная Австралия).

Важную роль в разложении трупа, находящегося в воде, выполняют ракообразные, а также другие беспозвоночные (пиявки, моллюски) и позвоночные животные. Однако нельзя не учитывать и роль в этом процессе многих групп как наземных, так и водных насекомых (Лябзина С.Н., 2018). Труп используется водными насекомыми как пищевой субстрат, как площадка для поселения, как место, в котором накапливаются микроорганизмы, используемые в пищу, а также как объект с определенной фауной, привлекающей к себе многих хищников (Чайка С.Ю., 2003).

В некоторых случаях о давности пребывания трупа в воде можно судить по выживанию насекомых и паразитов. По данным О. Прокопа, блохи, попадая в воду, выживают в течение 16 часов, вши около 24 часов, а аскариды погибают через 2-4 часа (Прозоровский В.И., 1968). Dalal J. и соавторы (2020) выделили 5 стадий разложения туши кабана, погруженной в пресную воду, и исследовали смену популяции насекомых, которые её заселяли в разные вре-

мена года (зима, весна, лето, осень) на протяжении двух лет. В результате проведенного экспериментального исследования авторы указали на преобладание определенного семейства насекомых на каждой из выделенных стадий – погружение в свежем виде; ранняя стадия плавания; стадия плавания; стадия длительного плавания и стадия затонувших останков.

Таким образом, на данный момент судебно-медицинские эксперты при определении длительности пребывания трупа в воде пользуются совокупностью признаков, имеющих довольно размытые временные интервалы развития, на которые влияет большое количество факторов, таких как температура и минеральный состав воды, наличие течения, его скорость и другие. Многие, в основном зарубежные исследования проведены в морской воде на животных и сконцентрированы на поздних трупных изменениях, что в определенной мере ограничивает сроки и возможность их применения в экспертной практике. Кроме того, степень выраженности большинства из описанных признаков, позволяющих определить длительность пребывания трупа в воде, оценивается визуально и носит довольно субъективный характер, что не позволяет судебно-медицинским экспертам достоверно и точно ответить на очень важный вопрос следователя. Именно поэтому в настоящее время сохраняется потребность в разработке простого и дешевого метода определения длительности пребывания трупа в воде, с целью его внедрения в повседневную практику судебно-медицинских экспертов.

1.2. Использование импедансометрии в судебно-медицинской практике.

С середины XX века в научных работах отечественных судебных медиков встречаются публикации, описывающие результаты исследований, выполненных биофизическими методами (Пашинян Г.А., Назаров Г.Н., 1999), которые позволяют инструментально зарегистрировать изменения, происходящие в биологическом объекте под влиянием внешних или внутренних факторов,

недоступные для визуальной оценки. Применение биофизических методов существенно повышает объективность экспертного исследования, а высокая их чувствительность и особенность применения позволяет, в том числе, использовать их в ходе «экспресс-методик» (Плаксин В.О., 1994; Ледянкина И.А., 2007; Татаринцев А.В., Баринев Е.Х., Ярема В.И. и др., 2011). Вероятнее всего, именно поэтому, а также ввиду интенсивного развития науки и техники с появлением новых технологий в последние годы биофизические методы имеют высокую популярность у исследователей (Вавилов А.Ю., Поздеев А.Р., 2006; Вавилов А.Ю., Халиков А.А., 2007) и успешно используются в различных сферах, например, растениеводстве и агрофизике, производстве продуктов питания, медицине и многих других областях.

В области судебно-медицинской науки биофизические методы условно делят на группы по исследуемому параметру, в качестве которого может быть выбрана температура тела или органов, оптическая плотность жидкостей, способность тканей проводить электрический ток, реагировать на магнитное поле и т.д.

Метод, основой которого является оценка температуры объекта, получил название теплофизический. С его помощью фиксируют изменения теплопроводящих свойств биологической ткани в зависимости от меняющихся условий. В настоящее время данный биофизический метод широко используется для диагностики длительности постмортального периода (Simonsem J., Voigt J., Jeppensen N., 1977; Новиков П.И., 1986; Витер В.И., Толстолицкий В.Ю., 1991; Вавилов А.Ю., 2000, 2009; Вавилов А.Ю., Халиков А.А., Щепочкин О.В., 2004; Кильдюшов Е.М., Вавилов А.Ю., 2011; Недугов Г. В. 2021), решения вопроса о прижизненном или посмертном происхождении повреждений и их давности (Хохлов С.В., 2001; Акбашев В.А., Витер В.И., 2002; Маркелова Н.Г., 2008), отличия кровоподтека от трупного пятна (Акбашев В.А., Ледянкина И.А., 2002; Акбашев В.А., 2002).

Регистрация поверхностной температуры повреждения у живого человека позволяет не только установить факт травмирования тела, но и решить ряд других специальных вопросов по оценке давности причинения кровоподтеков, кровоизлияний и ушибов мягких тканей (Кононова С.А., 2010; Чирков С.В., 2016).

Фотоколориметрический метод используется для определения оптической плотности или изменения окраски биологического объекта. На его основе разработаны методики, позволяющие определять давность появления следов крови на различных материалах (Найденова Т.В., 2013), давность наступления смерти человека, как в раннем постмортальном периоде – на основе изучения сред глаза (Ледянкина И.А., 2006) и динамики восстановления трупного пятна (Вавилов А.Ю., 2021; Лахно А.В., 2021), так и в позднем периоде – по прозрачности синовиальной жидкости коленного сустава (Садртдинов А.Г., 2017).

Кроме уже упомянутых биофизических методов исследования биологических объектов, в судебно-медицинской экспертизе широкое распространение получила импедансометрия. Данный метод основан на пропускании через изучаемый объект переменного тока различной частоты и позволяет изучать процессы, протекающие в биологических тканях при изменении их физиологического состояния (Лаврукова О.С., Казакова Е.Л., Никитина Е.А. и др., 2021; Носов М.М., Кильдюшов Е.М., Туманов Э.В. и др., 2021). У исследователя появляется возможность численно фиксировать изменения, происходящие в различных тканях тела человека под влиянием внешних факторов (Вавилов А.Ю., Рыкунов И.А., Решетов А.В., 2023). При этом постоянно увеличивающееся количество научных работ, описывающих закономерности изменения электропроводности, позволяет экспертам объективно и обоснованно отвечать на многие вопросы следователя.

Никифоров Я.А. (2003) провел экспериментальное исследование на 96 трупах с известной давностью наступления смерти, измеряя импеданс почки и

ахиллова сухожилия, в результате был разработан метод, позволяющий достаточно точно определять давность наступления смерти человека с учетом температуры окружающей среды. Период работоспособности предложенного метода включает в себя как ранний, так и поздний постмортальный период: для сухожилия – до 18-28 суток, почки – до 4-56 суток.

Изучив динамику изменения электропроводящих свойств стекловидного тела у 94-х трупов в позднем постмортальном периоде, А.М. Онянов (2008) предложил алгоритм действий судебно-медицинского эксперта, позволяющий высказаться о давности наступления смерти, на сроках с 3-х по 8-е сутки. При этом автор указал на нецелесообразность использования данного метода при температуре окружающей среды более 21°C.

Сагидуллин Р.Х. (2018) разработал способ, позволяющий объективно и довольно точно высказаться о длительности постмортального периода в пределах 38 часов после наступления смерти человека, с помощью измерения показателей электрической емкости и электрического сопротивления двуглавой мышцы плеча.

Емельянов А.С. (2021), исследовав изменение электрического сопротивления седалищного и срединного нервов, разработал методику определения давности наступления смерти в период до 56 суток постмортального периода.

Фиксируя электропроводность жидкой крови и её сыворотки на различных частотах, можно установить, принадлежит она трупу или живому человеку (Вавилов А.Ю., Чирков В.Е., Поздеев А.Р., 2004). Кроме того, методика изучения импеданса (электропроводности) применяется для верификации острой коронарной недостаточности (Витер В.И., Поздеев А.Р., Закиров Т.Р., 2002; Асташкина О.Г., Власова Н. В., 2009), определения типа танатогенеза (Сашин Е.Д., 2021) и даже фальсифицированных или просроченных лекарственных средств (Поздеев А.Р., 2007).

Сроки образования прижизненных повреждений в пределах одного месяца после наступления смерти можно определить, оценив величины комплексной относительной диэлектрической проницаемости и проводимости на магистральных сосудах (Литвинова Ю.Н., 1973, 1978), а также применяя данные методики к исследованию мягких тканей, определить давность расчленения тела (Томилина Л.А., 1979).

1.3. Использование импедансометрии кожного покрова в судебно-медицинской практике.

Кожный покров является сложной системой и выступает в роли барьера между внутренней средой организма и окружающей его внешней средой. Одной из наиболее важных функций кожи является регулирование количества воды, выделяемой из организма в окружающую среду (Potts R.O., 1991). При внешнем воздействии на кожный покров живого человека происходит незамедлительная реакция, восстанавливающая его работоспособность в новых изменившихся условиях и ослабляющая влияние воздействующего фактора, например, изменение окраски и прозрачности кожи под влиянием светового излучения (Гусев В.Г., Демин А.Ю., Мирина Т.В., 2008).

Значения электропроводности кожи могут существенно различаться в опытах у разных исследователей, что обусловлено применением различных методик регистрации данных, площади и конструкции электродов, вида измерительного устройства и многими другими внешними и внутренними факторами, такими как морфофункциональное состояние самой кожи, возраст, водно-солевое равновесие всего организма в целом и многие другие (Kalia Y.N., 2002; Улащик В.С., 2017).

В коже взрослого человека содержится от 53,5% до 72,5% воды. При этом в различных тканях она распределена неравномерно, что обусловлено видом ткани и выполняемыми ею функциями (Теньков А.А., 2006). Естественно,

что структурные различия тканей и органов сопровождаются появлением их индивидуальных особенностей к проведению электрического тока.

Несмотря на сложности импедансометрической оценки кожного покрова и влияние большого количества факторов на его электропроводность, измерения электрической проводимости кожи все же нашли применение в научных работах судебных медиков и успешно помогают в объективизации выводов судебно-медицинских экспертов (Халиков А.А., Маркелова Н.Г., Вавилов А.Ю., 2008; Халиков А.А., Витер В.И., 2011; Халиков А.А., Аминова Г.М., 2015).

Внешнее травмирующее воздействие на кожу приводит к нарушению в ней электролитного баланса, что регистрируется в ходе импедансометрии кожного покрова и в последующем может быть использовано в качестве диагностической величины при определении продолжительности посттравматического периода (Ковалева М.С., Халиков А.А., Вавилов А.Ю., 2006).

На основании изложенного М.С. Ковалева (2006), используя погружной игольчатый датчик и измеряя сопротивление кожного покрова переменному току в области кровоподтека и аналогичного неповрежденного участка кожи, доказала, что средние значения импеданса кровоподтека ниже таковых в зоне неповрежденной кожи. В результате ею создана оригинальная методика исследования кровоподтеков на трупе в раннем постмортальном периоде, позволяющая определять давность их образования по величине электрического сопротивления кожи.

Разработанный А.А. Халиковым (2010) комплексный метод оценки степени повреждения клеточных мембран, в основе которого лежат изменения дифференциального емкостного сопротивления и дифференциального показателя теплопроводности, дополнил и повысил точность ранее созданной методики определения давности кровоподтеков.

Маркелова Н.Г. (2008), объединив теплофизический метод и импедансометрию кожного покрова живого лица, доказала, что область кровоподтека в

течение посттравматического периода претерпевает не только видимые глазом изменения цвета, но и изменения температуры и электрической проводимости. Данные изменения можно зафиксировать конкретными цифровыми показателями, с помощью неинвазивных методов обследования живого лица. Полученные результаты позволяют судить о давности образования кровоподтека на основании не только субъективного восприятия морфологической картины, но и объективных результатов биофизических исследований.

Аминева Г.М. (2022), используя RLC-измеритель, провела изучение электрической емкости и электрического сопротивления кожи трупов на поздних сроках посмертного периода, сопровождающегося гнилостной трансформацией тел. В ходе выполнения научной работы автором определены значения изучаемых ею величин в областях интактной кожи, в области кровоподтека и трупного пятна, в том числе при совпадении локализаций последних. На основе регистрации динамики изменения электрических параметров кожи в ходе ее гнилостной биотрансформации автором был создан способ установления давности механической травмы. Безусловным положительным моментом работы явился современный подход к реализации научного исследования в виде создания специальной компьютерной программы, облегчающей конечное использование авторского алгоритма.

Описательные подходы на современном уровне развития науки и техники удовлетворяют часть запросов исследователей, показывая свою действенность, и заставляют искать новые способы объективной оценки других интересующих экспертов параметров (Онянов А.М., Халиков А.А., 2008). Биофизические методы исследования объектов как раз и обладают данным преимуществом – возможностью количественно оценивать интересующий параметр, который с помощью других методов может быть оценен только качественно.

* * *

Автор работы подчеркивает, что представленный обзор литературы не может претендовать на исчерпывающее раскрытие научных положений, отраженных во всей современной литературе по изучаемой теме, однако считает, что приведенные сведения в достаточной мере свидетельствуют об остроте и актуальности проблемы объективного определения длительности пребывания трупа в воде.

Это обусловлено тем, что только знание процессов, происходящих с трупом в воде, скорости и сроков их развития, не позволяет судебно-медицинским экспертам достоверно, точно, а главное, обоснованно отвечать на важный вопрос следствия, так как оценка изменений зачастую проводится субъективно, на основании визуального восприятия. На наш взгляд, использование зарекомендовавших себя биофизических методов фиксации изменений в биологических тканях, в частности – импедансометрия, может способствовать объективизации выраженности гидратации кожного покрова с целью более точного определения длительности воздействия на него пресной воды, способствуя тем самым конкретизации времени пребывания трупа в водоеме расчетным способом.

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Объект экспериментального исследования.

В связи с тем, что проведение исследований на человеке сопряжено с рядом организационных трудностей по техническим и этическим причинам (Попов В.Л., Казакова Е.Л., Лаврукова О.С., 2021), перед началом исследования необходимо было выбрать альтернативный вариант набора экспериментального материала, удовлетворяющий требованиям объективности и возможности достижения цели работы без нарушения принципов медицинской этики.

В качестве объекта был определен кожный лоскут, который помещался в гистологическую (биопсийную) кассету и заливался по всем сторонам, исключая поверхность кожи, парафином (Рисунок 2.1).

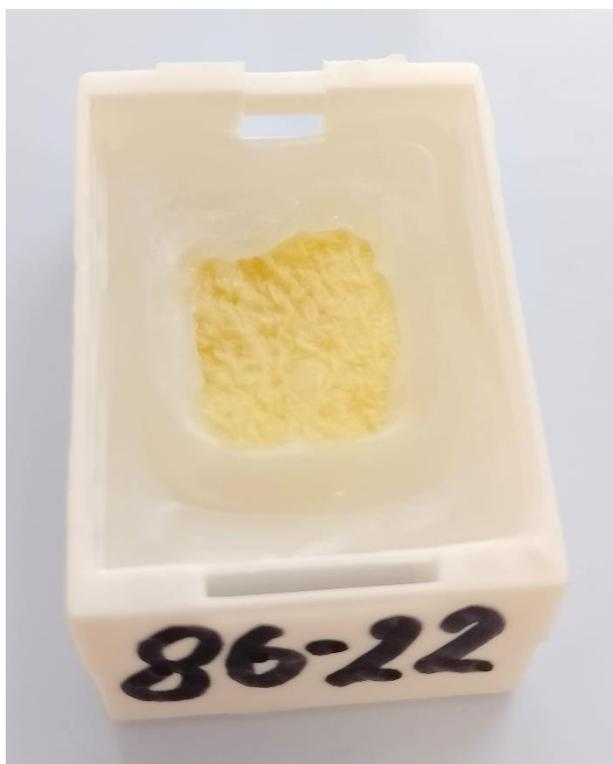


Рисунок 2.1. Общий вид гистологической кассеты с залитым в парафин кожным лоскутом

Выполнялось это для исключения попадания воды со стороны разрезов и контакта с водой исключительно поверхностью кожи. Кроме того, на кассетах производилась надпись, позволяющая идентифицировать исследуемый объект. Парафин, используемый для заливки, имеет температуру плавления более 50°C, что исключает после застывания его размягчение в условиях температур, используемых в данном научном исследовании.

Кожные лоскуты были изъяты от 68 трупов с различными причинами смерти из неповрежденных областей (без кровоподтеков, ссадин, ран и т.д.) в первые сутки постмортального периода. От одного трупа забиралось пять кожных лоскутов размерами по 2x2 см, каждый из которых помещался в соответствующие условия хранения. Таким образом, экспериментальное моделирование проведено на 340 объектах.

2.2. Условия экспериментального моделирования пребывания трупа в воде.

Вода для данного исследования набиралась из пресноводной реки Эсс, имеющей русло на территории Советского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

С целью создания различных температурных режимов хранения исследуемых объектов нами было определено деление на следующие температуры: 1-2°C, 3-14°C, 15-24°C, 25-30°C, 31-40°C.

Для создания условий содержания объекта в воде температурой 1-2°C набранная в закрывающейся емкости (банка для набора гистологического материала) вода замораживалась в морозильной камере, далее в центральной части ледяной формы протапливалась полость, заполненная талой водой, в которую помещался объект. Емкость с объектом хранилась в холодильнике с температурой окружающей среды 4°C, что позволяло в течение суток незначительно подтаивать лед и поддерживать температуру воды близкой к 0°C. Ука-

занные температурные условия моделировали пребывание трупа в воде в зимнее время года, когда вода в естественном водоеме подо льдом имеет температуру, близкую к точке замерзания.

Для получения воды температурой 3-14°C емкость с водой находилась в холодильной камере для хранения трупов, в которой средняя суточная температура составляет около 7°C. Часть объектов помещалась в холодильную камеру со средней температурой 12°C (Рисунок 2.2). Указанный температурный интервал моделировал условия пребывания трупа в естественном водоеме в весенний и осенний периоды года.



Рисунок 2.2. Холодильная камера с указателем температуры

Интервал 15-24°C является стандартной температурой, характерной для воды в естественных водоемах региона ХМАО-Югра для летнего времени года. Для создания необходимых температурных условий контейнеры с объектами исследования находились в помещении секционного зала в месте, удаленном от отопительных приборов и прямых солнечных лучей. Учитывая, что экспериментальное исследование проводилось в различные времена года, средняя температура в помещении летом составила около 21°C, зимой – 18°C.

Для постоянного поддержания в емкостях температур выше комнатной (25-30°C), для моделирования условий пребывания трупа в естественном во-

доеме на мелководье, нагреваемом в жаркое лето солнечными лучами, использовались погружные аквариумные обогреватели фирмы Barbus с настроенными на регуляторах необходимыми параметрами (Рисунок 2.3, Рисунок 2.4).



Рисунок 2.3. Погружной аквариумный обогреватель BARBUS



Рисунок 2.4. Регулятор температуры на погружном обогревателе

Аналогично устанавливалась и контролировалась вода при пребывании объектов при условиях высокой (31-40°C) температуры, не встречающейся в естественных водоемах региона ХМАО-Югра, но представляющей интерес с сугубо научной точки зрения как вариант температурного диапазона, резко выходящего за пределы естественных условий.

Во всех емкостях постоянно находились погружные аквариумные термометры, позволяющие в любой момент провести контроль температуры воды (Рисунок 2.5, Рисунок 2.6.).



Рисунок 2.5. Погружной аквариумный спиртовой термометр



Рисунок 2.6. Общий вид емкости для содержания объектов в воде температурой 25-30°C и 31-40°C

Во избежание цветения воды, набираемой из естественного водоема, она во всех емкостях заменялась на вновь набранную той же температуры раз в сутки – каждый день в 11 часов.

2.3. Предмет исследования и фиксация его характеристик в ходе экспериментального моделирования.

Предметом настоящего исследования является изменение способности кожного покрова трупа, находящегося в условиях пресного водоема известной температуры, проводить электрический ток.

Ткани человеческого организма обладают электрической проводимостью, обусловленной наличием свободных ионов в клетках и тканях. При этом сила их сопротивления электрическому току зависит от структурных компонентов и явлений поляризации. Оценка способности ткани пропускать

электрический ток на низких и высоких частотах дает возможность оценить соотношение жидкости и компонентов, не проводящих электрический ток. Омическое сопротивление характеризует количество и состояние межклеточной жидкости в ткани, а емкостная составляющая импеданса – состояние клеток и степень целостности их мембран (Халиков А.А., 2013). Математическое отношение низкочастотного импеданса к импедансу ткани, измеренному на токах высокой частоты, в электротехнике получило определение – «Коэффициент дисперсии электропроводности» (далее КДЭ). КДЭ является безразмерной характеристикой объекта, а ее величина наиболее чётко позволяет выразить способность исследуемого объекта к проведению электрического тока в зависимости от влияния на объект ряда внешних условий (Онянов А.М., 2008). Кроме того, уход от значений, имеющих единицы измерения (в нашем случае – Ом), и замена их безразмерными, позволяет не учитывать влияния многих факторов, например, область тела, из которой изъят кожный лоскут (Маркелова Н.Г., 2008), а также особенности измерительного аппарата и датчика.



Рисунок 2.7. Измеритель параметров RLS АКИП-6109

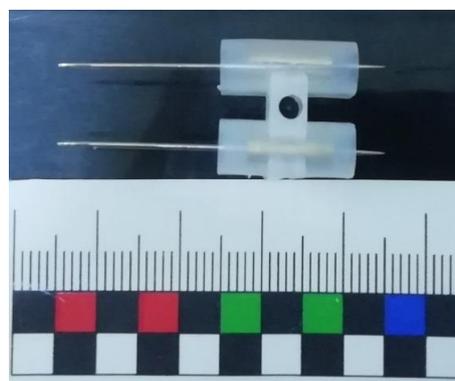


Рисунок 2.8. Погружной игольчатый датчик

Измерение полного электрического сопротивления кожного покрова осуществлялось измерителем параметров RLC АКИП-6109 (Рисунок 2.7), оснащенный игольчатым погружным датчиком (Рисунок 2.8), изготовленным из двух игл из нержавеющей стали, фиксированных на расстоянии 1,2 см друг

от друга использованием двух секций электрической колодки, глубина погружения обеих игл составляла 0,5 см. Подробные характеристики используемого RLC-измерителя приведены в Приложении 1.

Электрическое сопротивление кожного покрова замерялось на нескольких частотах синусоидального тока (100 Гц, 1 кГц и 10 кГц) каждые 6 часов пребывания объекта в воде на протяжении 120 часов. Частоты 100 Гц и 10 кГц являются минимальной и максимальной частотами, применяемыми в указанном измерителе, и непосредственно используются для расчета КДЭ. Частота 1 кГц выбрана как стандарт, наиболее часто используемый в радиотехнических измерениях. Интервал между замерах (6 часов) был выбран произвольно, на основании предположения о том, что появившиеся гнилостные изменения могут исказить результаты измерений, оказывая влияние на водно-электролитный баланс кожного покрова, в связи с чем необходим интервал, достаточный для своевременной регистрации этих изменений.

Первое измерение производилось до первого контакта объекта с водой, то есть непосредственно перед погружением его в емкость с моделируемыми условиями.

В последующем, перед каждым измерением, для выравнивания температуры датчика и кожного лоскута, объекты извлекались из емкостей с водой и выдерживались в течение 20 минут в условиях комнатной температуры. Измерение электрического сопротивления кожного покрова проводилось на всех частотах за один вкол датчика, то есть без его извлечения, путем смены частоты измерительного тока на измерителе параметров RLS АКПП-6109.

В программе Microsoft Excel нами были разработаны таблицы, куда заносились полученные результаты замеров (Рисунок 2.9).

Групп	Частота	0	6	12	18	24	30	36	42	48	60	72	84	96	108	120
	100	9,012	11,277	12,949	28,118	18,568	22,754	30,85	35,612	31,639	307,33	244,51	371,01	297,45	310,25	333,41
	1	2,4581	2,7849	3,7256	9,957	7,229	10,732	20,39	19,989	19,148	229,37	178,93	254,36	213,53	205,94	201,33
67-22	10	1,5747	2,0632	3,0203	8,143	6,24	9,696	14,461	18,072	17,486	166,3	138,82	179,52	148,92	133,54	135,49
КДЭ		5,7229	5,4657	4,2873	3,4530	2,9756	2,3467	2,1333	1,9705	1,8093	1,8480	1,7613	2,0666	1,9973	2,3232	2,4607

Рисунок 2.9. Общий вид таблицы с занесенными результатами

В нижней строке таблицы автоматически рассчитывался коэффициент дисперсии электропроводности по формуле (2.1):

$$\text{КДЭ} = \frac{\text{ЭС}_{100 \text{ Гц}}}{\text{ЭС}_{10 \text{ кГц}}} \quad (2.1)$$

где КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности;

ЭС – электрическое сопротивление;

100 Гц и 10 кГц – частота синусоидального тока, на которой проводится измерение.

С ростом количества исследованных объектов было отмечено, что по прошествии вторых суток изменение контролируемых параметров становилось малозаметным, что послужило основанием для сокращения срока измерений с пяти до двух суток.

2.4. Анализ полученных экспериментальных данных.

Статистический анализ первичных данных проводился с учетом индивидуальности каждого исследуемого объекта. Основная часть этих факторов фиксировалась перед началом экспериментального моделирования.

1. Половая принадлежность и паспортный возраст умершего.

В ходе работы кожные лоскуты изъяты от 42 трупов лиц мужского пола и 26 женского. Итого исследование проведено на 340 кожных лоскутах.



Рисунок 2.10. Распределение по возрастам в группе мужчин

В мужской группе 1 случай относился к возрасту 10-19 лет, 2 случая – к периоду 40-49 лет, 3 случая к интервалу возрастов 20-29 лет, по 5 случаев относились к периодам– 30-39 и 80-89 лет, по 8 случаев относились к интервалам 50-59 и 70-79 лет, 10 – к возрасту 60-69 лет (Рисунок 2.10).

В женской группе 1 случай относился к возрасту 30-39 лет, по 2 случая отнесены в возрастные группы 40-49 и 90-99 лет, 3 – 50-59 лет, 5 – 70-79 лет, 6 – 60-69 лет, 7 – 80-89. Женщин возрастом менее 30-и лет в исследовании не встретилось (Рисунок 2.11).



Рисунок 2.11. Распределение по возрастам в группе женщин

Указанное деление по возрастам выбрано нами условно для общей характеристики исследуемых групп и является непринципиальным в дальнейшем исследовании, т.к. для оценки зависимости исследуемых параметров от возраста умерших в последующем использован корреляционный анализ, как метод установления взаимосвязи между двумя непрерывными рядами данных.

2. Наличие либо отсутствие алкоголя в крови граждан в момент наступления смерти.

Влияние алкоголя на организм обуславливается не только количеством выпитого, но и индивидуальными особенностями человека, его физическим и психическим состоянием, а также приемом каких-либо лекарственных препаратов и т.д. (Галицкий Ф.А., Деркач А.В., 2003; Сахарчук А.И., 2007). Кроме

того, доказано, что прямая зависимость между клиническими проявлениями алкогольного опьянения и концентрацией этилового спирта в крови человека отсутствует (Наумов Э.С., 2000).

На основании вышеизложенного в нашей работе учитывался только факт присутствия этанола в крови субъекта, без регистрации абсолютной величины его концентрации.

В проведенном исследовании у 11 трупов в крови был обнаружен этанол, соответственно, в 57 случаях его обнаружено не было.

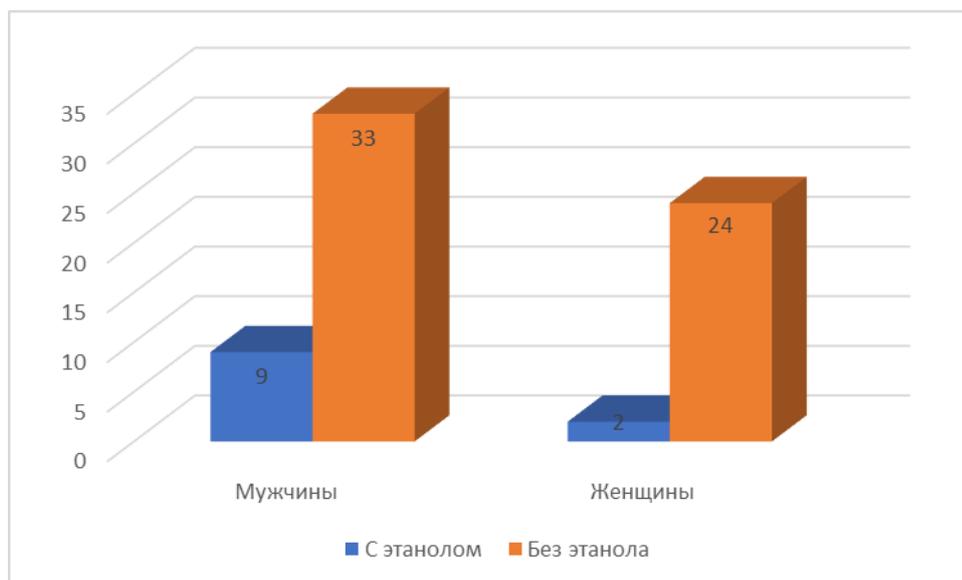


Рисунок 2.12. Распределение случаев по группам

В мужской группе наличие этанолемии было выявлено в 9 случаях, а в группе женщин, лишь в 2-х (Рисунок 2.12).

3. Вариант танатогенеза.

Любая научно-исследовательская работа судебного медика, проводящего исследование на трупном материале, не обходится без проверки влияния на изучаемое явление причины, вызвавшей смерть человека.

Некоторые авторы за основу брали формализованное выражение диагноза, верифицируемого в соответствии с кодировками МКБ (Ковалева М.С., 2006; Ледянкина И.А., 2006; Вавилов А.Ю., 2000, 2009), однако выявлены случаи, когда при одной и той же непосредственной причине смерти, например,

массивной кровопотере, тип танатогенеза и темп наступления смерти отличались и зависели от преморбидного фона (Лузин А.В., Богомолов Д.В., Баранова М.Я. и др., 2004).

Поэтому в настоящей работе нами оценивалось влияние на исследуемое явление типа танатогенеза, устанавливаемого по разработанным Д.В. Богомоловым (2012) методическим рекомендациям.

Учитывая отсутствие возможности детального изучения автором каждого случая смерти человека, от которого забирались кожные лоскуты для научной работы, было принято решение, основными выделить легочной, сердечный и мозговой механизмы наступления смерти, а случаи с наличием признаков нескольких из них, отнести к комбинированному типу (Таблица 2.1).

Таблица 2.1.

Распределение случаев по типу танатогенеза

Тип танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
Количество случаев	16	12	7	33

Таким образом, все случаи распределили по 4-м группам: в «Легочной» тип танатогенеза было отсортировано 12 случаев, к «Сердечному» типу отнесено 33 случая, 7 случаев вошли в группу «Мозгового» типа и 16 – в дополнительно выделенную группу «Комбинированного» варианта наступления смерти.

2.5. Статистический анализ материала.

Обработка первичных данных является важнейшей частью любой научной работы, позволяющей проверить зависимость исследуемого явления от индивидуальных факторов объекта, провести регрессионный анализ и определение доверительных интервалов, сформировать доказательную базу для формирования результатов и выводов проводимого исследования.

2.5.1. Характеристика типа распределения данных.

Первостепенной задачей исследователя является определение характеристики распределения данных, так как от этого зависит выбор метода их статистической обработки. Существует несколько правил, основное из которых указывает исследователю на невозможность применения параметрических методов к величинам, не подчиняющимся нормальному закону распределения, и даже в случаях, когда одна из сравниваемых выборок распределена нормально, а вторая – нет, то могут применяться только непараметрические методы (Баврина А.П., 2021).

Основными параметрами любой выборки данных являются: арифметическая средняя (Формула 2.2), дисперсия (Формула 2.3), среднеквадратическое (стандартное) отклонение (Формула 2.4) и ошибка среднего значения (Формула 2.5).

$$\mu = \frac{\sum X}{n} \quad (2.2)$$

где μ – среднее арифметическое по совокупности;
 X – значение признака;
 n – число членов совокупности.

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X-\mu)^2}{n} \quad (2.3)$$

где σ^2 – дисперсия;
 μ – среднее арифметическое по совокупности;
 X – значение признака;
 n – число членов совокупности.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum(X-\mu)^2}{n}} \quad (2.4)$$

где σ – стандартное (среднеквадратическое) отклонение;
 σ^2 – дисперсия;
 μ – среднее арифметическое по совокупности;
 X – значение признака;
 n – число членов совокупности.

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

где S_x – ошибка среднего арифметического;
 σ – стандартное (среднеквадратическое) отклонение;
 n – число членов совокупности.

Методы современной математической статистики устанавливают достаточно жесткие требования к применению принципов сравнительного анализа двух и более групп. В частности, корректные результаты такого сравнения возможны к получению исключительно при выполнении условия нормального закона распределения данных в выборках (Гланц С., 1999). Поэтому для объективной оценки варианта распределения необходимо производить расчет эксцесса и асимметричности (Андреева Н.В., Червякова М.Ю., 2013).

Показатель асимметричности демонстрирует степень отклонения данных от среднего значения по горизонтальной оси и рассчитывается по формуле 2.6.

$$As = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x-\bar{x}}{s} \right)^3 \quad (2.6)$$

где As – значение коэффициента асимметричности;
 n – число членов совокупности;
 x – значение признака;
 \bar{x} – среднее арифметическое значение признака.

Если значение асимметричности превышает $|2|$, то распределение является асимметричным и по своему типу отличается от нормально распределенных выборок (Гланц С., 1999).

Величина эксцесса позволяет оценить разброс данных по вертикальной оси, выявив преобладание количества значений, по своей величине приближающихся к медианному уровню (остроконечный тип), либо преобладание числа значений по величине близких к среднему арифметическому (плосковершинный тип). Расчет величины эксцесса производится по формуле 2.7.

$$E_k = \frac{n(n-1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{x-\bar{x}}{s} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (2.7)$$

где E_k – значение коэффициента эксцесса;
 n – число членов совокупности;
 x – значение признака;
 \bar{x} – среднее арифметическое значение признака;
 S – стандартное (среднеквадратическое) отклонение.

Выборками с нормальным типом распределения данных признаются те, для которых значение коэффициента эксцесса не превышает число $|2|$ (Гланц С., 1999).

Понимание характера распределения данных в выборках дает возможность правильно сделать выбор метода дальнейшего парного либо множественного сравнительного анализа.

2.5.2. Корреляционный анализ.

Корреляционный анализ – статистический метод изучения связи между двумя и более случайными величинами, используемый в медико-биологических исследованиях и уступающий по популярности среди исследователей только критерию Стьюдента (Баврина А.П., Борисов И.Б., 2021).

При оценке силы связи по коэффициенту корреляции используется шкала Чеддока (Таблица 2.2).

Таблица 2.2

Шкала Чеддока

Количественная мера тесноты связи	Качественная характеристика сил связи
От 0 до 0,3	Очень слабая
От 0,3 до 0,5	Слабая
От 0,5 до 0,7	Средняя
От 0,7 до 0,9	Сильная (высокая)
От 0,9 до 1	Очень сильная (очень высокая)

Для применения того или иного коэффициента корреляции существуют определенные условия, выполнение которых обязательно для получения достоверных значений.

Параметрический коэффициент Пирсона может быть применен только когда обе переменные имеют нормальное распределение в выборках (Орлов А.И., 2020; Баврина А.П., Борисов И.Б., 2021), и рассчитывается он по формуле 2.8 (Саадалов Т., Мырзаibraимов Р., Абдуллаева Ж.Д., 2021).

$$r_{xy} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 + \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (2.8)$$

где r_{xy} – значение коэффициента корреляции Пирсона;
 x – значение первого признака;
 \bar{x} – среднее арифметическое значение первого признака;
 y – значение второго признака;
 \bar{y} – среднее арифметическое значение второго признака.

Для определения корреляционной связи между выборками, данные которых частично или полностью не подчиняются закону нормального распределения, применяется ранговая корреляция. Наиболее распространен непараметрический коэффициент ранговой корреляции – коэффициент Спирмена (Корнилова А.С., Никонова Р.А., Дрягина Д.Р., 2018), который рассчитывается по формуле 2.9.

$$\rho_{xy} = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} \quad (2.9)$$

где ρ_{xy} – значение коэффициента корреляции Спирмена;
 d – разность рангов для каждого члена выборки;
 n – объем выборки.

Для оценки статистической значимости полученных значений коэффициентов корреляции использовалась формула 2.10.

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad (2.10)$$

где t – рассчитанный t-критерий;
 r – значение коэффициента корреляции Пирсона, либо Спирмена;
 n – объем выборки.

В связи с тем, что общий объем изучаемой экспериментальной группы больше 50, применение коэффициента Стьюдента для оценки значимости коэффициента корреляции Спирмена является допустимым (Гланц С., 1999).

Полученное значение t-критерия сравнивалось с табличным критическим значением при числе степеней свободы $\nu = n - 2 = 68 - 2 = 66$ и уровне значимости 0,001, равного 3,444.

2.5.3 Парный и множественный сравнительный анализ.

Сравнение выборок с использованием статистических методов проводится с целью проверки достоверности различий их средних значений. При этом количество сравниваемых выборок может быть больше двух, и методы, используемые при парных и множественных сравнительных анализах, отличаются по условиям, в которых они применимы.

В случаях проведения парного статистического сравнительного анализа выборок с нормальным типом распределения самым часто встречающимся в медицинских научных исследованиях является критерий Стьюдента. Однако обязательным условием для его применения является равенство дисперсий сравниваемых групп (Гланц С., 1999; Полиданов М.А., Блохин И.С., Щербакова И.В., 2020), которое не всегда выполняется.

Из этого следует, что перед применением t-критерия Стьюдента необходимо вычислить критерии согласия: дисперсию и F-критерий Фишера. Ильин В.П. (2011) указывает, что если в научной работе используется t-критерий Стьюдента без сравнения дисперсий, то такая работа может считаться выполненной некорректно с точки зрения доказательных методов.

Чтобы не выполнять дополнительных расчетов и не загромождать работу, принято решение использовать t-критерий в модификации Уэлча. Он используется для сравнения средних значений групп, когда размеры выборок и дисперсии между группами не равны, и дает идентичные результаты, когда размеры выборки и дисперсии одинаковы, не требуя при этом проведения предварительного сравнения дисперсий групп и вычисления F-критерия Фишера (Баврина А.П., 2021).

t-критерий Уэлча рассчитывается по формуле 2.11.

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.11)$$

где t – рассчитанный t-критерий;
 \bar{x}_1, \bar{x}_2 – средние значения выборок;
 s_1^2, s_2^2 – выборочные дисперсии;
 n_1, n_2 – объемы выборок.

Формула расчета степеней свободы (Формула 2.12), при использовании модифицированного t-критерия, учитывает разницу между двумя стандартными отклонениями, при этом если две выборки имеют одинаковые стандартные отклонения, то степени свободы для t-критерия Уэлча будут такими же, как и степени свободы для t-критерия Стьюдента (Ruxton G.D., 2006).

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right) \times 2}{\left(\left(\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right) \times 2}{(n_1 - 1)}\right) + \left(\frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right) \times 2}{(n_2 - 1)}\right)\right)} \quad (2.12)$$

где df – количество степеней свободы;
 s_1^2, s_2^2 – выборочные дисперсии;
 n_1, n_2 – объемы выборок.

Если при расчетах степеней свободы получали дробное число, его округляли до ближайшего целого значения.

Для множественного парного сравнительного анализа групп, имеющих нормальное распределение, использование t-критерия Уэлча также допустимо, однако необходимо применять поправку Бонферрони, которая влияет как на количество степеней свободы (Формула 2.13), так и на уровень значимости (Формула 2.14).

$$df_1 = \frac{df \times m}{2} \quad (2.13)$$

где df_1 – новое количество степеней свободы;
 df – исходное количество степеней свободы;
 m – число сравниваемых групп.

$$\alpha_1 = \frac{\alpha}{k} \quad (2.14)$$

где α_1 – новый уровень значимости;
 α – исходный уровень значимости;
 k – число сравнений.

Следует отметить, что для множественного парного сравнительного анализа выборок с нормальным типом распределения данных, применение поправки Бонферрони допустимо только при сравнении менее 5-ти групп (Ильин В.П., 2011), поэтому при необходимости сравнения большего числа выборок в данной работе был использован критерий Ньюмена-Кейлса, так как он дает более точную оценку вероятности, чем t-критерий с поправкой Бонферрони.

При расчетах q-критерия Ньюмена-Кейлса все сравниваемые группы упорядочиваются по возрастанию среднего значения, далее по формуле 2.15 производится парный расчет q-критерия. Следует отметить, что существует определенный порядок сравнения групп – группа с наибольшим значением среднего сравнивается с группой с наименьшим средним значением, затем с предыдущей и т.д., далее среднее значение предпоследней группы сравнивается с остальными в том же порядке. Так сравнения продолжают пока не будут сравнены все пары.

$$q = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{S_{\text{внут}}^2}{2} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} \quad (2.15)$$

где q – значение критерия Ньюмена-Кейлса;
 $\bar{X}_A; \bar{X}_B$ – сравниваемые средние;
 $S_{\text{внут}}^2$ – внутригрупповая дисперсия;
 $n_A; n_B$ – численность групп.

Вычисленное значение q -критерия сравнивается с табличным критическим значением (Гланц С., 1999, с. 110), которое зависит от α' (в настоящей работе $\alpha'=0,05$), числа степеней свободы, вычисляемого по формуле 2.16, и величины l , которая называется интервалом сравнения, и рассчитывается по формуле 2.17.

$$v = N - m \quad (2.16)$$

где v – число степеней свободы;
 N – сумма численности всех сравниваемых групп;
 m – число сравниваемых групп.

$$l = j - i + 1 \quad (2.17)$$

где l – интервал сравнения;
 j, i – порядковые номера сравниваемых групп в упорядоченном ряду.

Когда тип распределения хотя бы в одной группе отличается от нормального (значения эксцесса и/или асимметричности более $|2|$), необходимо использовать непараметрические методы сравнительного анализа (Баврина А.П., 2021). В данной работе как для парного, так и для множественного сравнительного анализа был выбран метод вычисления Q -критерия (Данна). Он позволяет выполнять сравнения групп и выяснить, какие из них статистически значимо различаются на определенном уровне α (в данной работе $\alpha=0,05$). Кроме того, Q -критерий предпочтителен при сравнении выборок разного объема (Гланц С., 1999).

Q -критерий Данна вычисляется по формуле 2.18.

$$Q = \frac{\bar{R}_A - \bar{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} \quad (2.18)$$

где Q – значение критерия Данна;
 N – сумма численности всех сравниваемых групп;
 \bar{R}_A ; \bar{R}_B – средние ранги сравниваемых групп;
 n_A ; n_B – объем каждой из сравниваемых групп.

Полученное значение Q -критерия сравнивается с критическим (Гланц С., 1999, с. 352), зависящим от количества сравниваемых групп и установленного исследователем уровня значимости.

2.6. Регрессионный анализ и математическое моделирование исследуемого процесса.

Задачами регрессионного анализа являются установление формы зависимости между переменными, полученными в результате экспериментального исследования, оценка функции регрессии и прогноз значений зависимой переменной (Мамуров Б.Ж., Абдуллаев Ж.Ж., 2021). Связь между переменными может быть описана различными способами, в том числе в виде графической зависимости любой, в том числе сложной формы. Графическое изображение позволяет наглядно представить результаты исследования, что облегчает их анализ и описание (Калаев В.Н., Калаева Е.А., Преображенский А.П., 2007).

В данной работе, используя внутренние алгоритмы программы Microsoft Excel, осуществлялись и графическое изображение зависимости переменных, и подбор линии наилучшего соответствия (тренда), описывающей динамический процесс с наивысшей достоверностью аппроксимации, которая была установлена на уровне 95% и выше. Кроме того, используемая компьютерная программа самостоятельно указывала уравнение регрессии, в соответствии с подобранной линией тренда.

Выявив формулу, наиболее точно описывающую зависимость КДЭ от длительности пребывания объекта в воде, и имея экспериментально полученные значения обеих переменных, с помощью программы «IBM SPSS Statistics Version 23.0», были получены коэффициенты математических выражений. Далее, учитывая, что в качестве зависимой переменной было выбрано значение КДЭ, из полученных формул, используя ряд последовательных математических преобразований, были выведены окончательные выражения для расчета длительности пребывания трупа в пресной воде определенной температуры.

2.7. Проверка работоспособности метода.

Проверка работоспособности метода проведена на нескольких (в работе указано 5) «слепых опытах», результаты которых сравнивались с известной длительностью пребывания исследуемых объектов в воде соответствующих температур и в ходе проведения реальной судебно-медицинской экспертизы трупа человека, утонувшего в реке Эсс.

2.8. Написание программы для компьютера.

В связи со сложностью расчетов для комфортного практического использования формул, выведенных в данной работе, с помощью среды программирования «Delphi 7.0» на языке «Object Pascal» была создана компьютерная программа, работающая в операционной системе Windows любой версии и любой разрядности.

Созданная программа, условно названная автором диссертационной работы «DOCSwater 1.0», автоматизирует расчеты, применяя формулы, полученные в ходе настоящего исследования, ускоряя получение вывода о длительности контакта кожного покрова трупа с пресной водой до момента окончательного извлечения исследуемого объекта из неё.

ГЛАВА 3

РЕГИСТРАЦИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КДЭ КОЖНОГО ПОКРОВА ТРУПА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕГО ПРЕСНОЙ ВОДЫ И ВЫЯВЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАБЛЮДАЕМОГО ПРОЦЕССА

Визуальная оценка изменений кожного покрова трупа, извлеченного из воды, как было сказано ранее, является субъективным обоснованием вывода о длительности его пребывания в воде. При нынешнем уровне развития науки и техники имеется возможность объективизировать изменения, происходящие в исследуемом объекте.

Именно это и послужило стимулом для разработки способа объективной количественной регистрации изменений, происходящих в коже от трупа при ее контакте с пресной водой в течении длительного времени.

3.1. Математическая формализация динамики изменения КДЭ кожного покрова.

После набора материала первостепенной задачей явилась математическая формализация регистрируемых изменений коэффициента дисперсии электропроводности (КДЭ) кожи трупа. Для этого производился дискретный мониторинг полного электрического сопротивления в исследуемом объекте с фиксацией его изменений. Каждый замер мониторинга включал в себя фиксацию изменений указанного параметра объекта на частотах 100 Гц, 1 кГц и 10 кГц с последующим вычислением КДЭ, путем деления результата измерения при частоте 100 Гц на результат, полученный на 10 кГц (Таблица 3.1).

Таблица 3.1

Пример заполненной таблицы одного эксперимента

Время	0	6	12	18	24	30	36	42	48	
69-22	100 Гц	15,487	21,876	29,159	32,422	32,47	28,957	41,635	57,83	81,56
	1 кГц	4	6,197	7,981	10,85	13,192	14,551	22,5008	35,05	54,36
	10 кГц	2,9345	4,606	6,842	8,728	11,056	12,843	18,842	28,013	40,07
	КДЭ	5,27756	4,749457	4,261766	3,714711	2,936867	2,254691	2,209691	2,064399	2,035438

Визуализация процесса осуществлялась в программе Microsoft Excel построением графика, отражающего изменение КДЭ кожи трупа во времени. Далее по критерию наивысшего соответствия полученному графику итеративным путем подбирались линии тренда, по которой определялся вид регрессионной зависимости переменных. Коэффициент достоверности аппроксимации (R^2) при этом обязательно должен был превышать 95% (Гланц С., 1999). Функциональные возможности указанной программы позволили выводить на график уравнение, описывающее динамику изменения КДЭ объекта, длительно находящегося в воде (Рисунок 3.1).

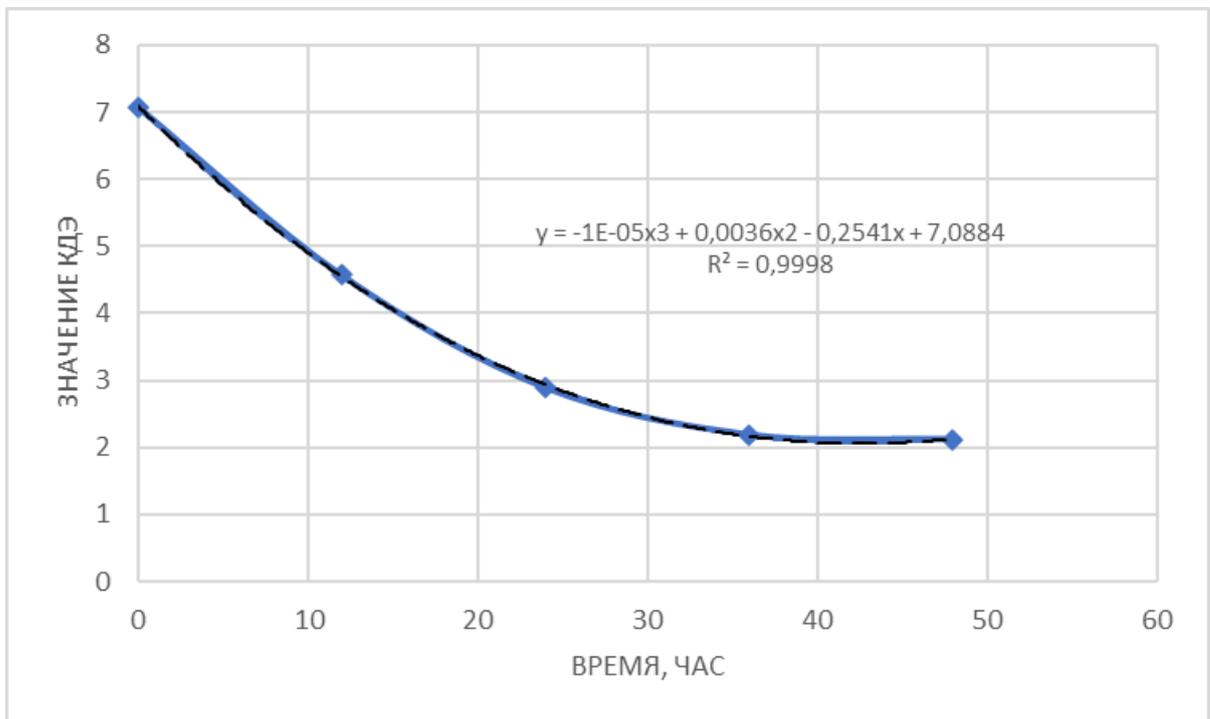


Рисунок 3.1. Формализация динамики изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожи

Наиболее точно, с уровнем аппроксимации более 0,95, процесс изменения КДЭ кожного покрова описывало полиномиальное уравнение третьей степени, в связи с чем оно было взято за основу математического описания и формализации исследуемого процесса.

Таким образом, на данном этапе было установлено, что процесс изменения КДЭ кожного покрова трупа, погруженного в воду, может быть формализован и записан в виде математического уравнения (3.1).

$$y = A \times x^3 + B \times x^2 + C \times x + D \quad (3.1)$$

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

Описанная процедура выполнена для каждого экспериментального наблюдения, в результате чего было получено 340 уравнений, описывающих динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа, на который длительно воздействует пресная вода известной температуры.

Естественно, что графики и коэффициенты полиномиальных уравнений (A, B, C, D) в каждом наблюдении были разными, на основании чего появилось предположение, что уникальность уравнений может быть обусловлена зависимостью коэффициентов A, B, C и D от переменных характеристик исследуемых объектов, которые мы изначально фиксировали в процессе набора экспериментального материала (Глава 2).

3.2. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от возраста умершего.

Возрастные изменения кожи человека приводят к изменению ее эхоструктурных характеристик и микрорельефа (Пиголкин Ю.И., Ткаченко С.Б., Золотенкова Г.В. и др., 2018). На тканевом и клеточном уровнях

происходит изменение физико-химических свойств коллагена, снижение количества клеток и высокоспециализированных липидов эпидермального слоя, уменьшение концентрации водосберегающих белково-углеводных комплексов, снижение темпов синтеза белков, изменение состава гидролипидной мантии с нарушением барьерных свойств кожи, и как следствие обезвоживание (Титаренко Е.Н., Власюк И.В., 2014; Целуйко С.С., Малюк Е.А., Корнеева Л.С. и др., 2016; Пиголкин Ю.И., Золотенкова Г.В., Березовский Д.П., 2020). По нашему мнению, это может оказывать влияние на способность кожи к проведению электрического тока, в том числе и в случаях длительного воздействия на объект пресной воды. Поэтому проверка наличия зависимости между возрастом умершего и коэффициентом дисперсии электропроводности его кожи, а тем более динамикой его изменения при пребывании трупа в воде, является важной частью данной работы.

С целью соблюдения принципов объективности статистического анализа необходимо провести оценку распределения данных в группах, что позволит в дальнейшем выбрать необходимый расчетный инструментарий, корректно применимый в конкретном случае. Учитывая, что оценить генеральную совокупность мы не можем, оценка типа распределения должна проводиться по выборке путем расчета асимметричности и эксцесса.

В таблице 3.2 представлены показатели, по которым можно определить по какому закону распределены данные в выборке «возраст».

Таблица 3.2

Характеристики распределения данных в выборке, сформированной по принципу возраста умерших

μ	62,926
S_x	2,203
σ	18,165
E_k	-0,261
A_s	-0,527

Из представленной таблицы 3.2 видно, что значения эксцесса и асимметрии меньше $|2|$, значит выборка значений возраста характеризуется нормальным типом распределения.

Для применения параметрических методов установления зависимости между двумя выборками они обе должны иметь нормально распределенные данные. В случае же если одна из них имеет распределение, не подчиняющееся нормальному закону, необходимо использовать непараметрические методы (Баврина А.П., 2021).

Учитывая, что выборка значений возраста имеет нормальный тип распределения, определение метода статистической обработки в данном случае будет зависеть от характеристик распределения данных в выборках коэффициентов уравнения.

При нормальном распределении силу связи между коэффициентом уравнения и возрастом умершего можно определять расчетом корреляции Пирсона (Баврина А.П., Борисов И.Б., 2021).

В случае же выявления в выборке коэффициента распределения, отличающегося от нормального, правильным решением будет использование коэффициента ранговой корреляции Спирмена – это непараметрический метод, и он не требует какого-либо определенного типа распределения (Гржибовский А.М., 2008).

Определение зависимости коэффициентов полиномиального уравнения, подобранного для каждого экспериментального исследования, проводилось в соответствии с изначальным делением всех объектов по группам, соответствующим температуре хранения объектов.

3.2.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°C.

Для выборок каждого из коэффициентов полиномиального уравнения, описывающего зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от длительности его пребывания в воде температурой 1-2°C нами определен тип

распределения данных путем расчета эксцесса и асимметричности (Таблица 3.3).

Таблица 3.3

**Параметры распределения
в выборках коэффициентов А, В, С, D**

Коэффициент	A	B	C	D
μ	-0,000007	0,007	0,251	7,091
S_x	0,00001	0,0006	0,021	0,209
σ	0,0001	0,005	0,169	1,720
E_k	1,484	-0,221	-0,141	0,852
As	0,062	0,789	0,566	0,812

Из приведенной таблицы 3.3 следует, что в выборках всех коэффициентов из уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при её пребывании в воде температурой 1-2°C, данные распределены по нормальному типу, следовательно, для определения корреляционной зависимости коэффициентов от возраста может быть использован коэффициент корреляции Пирсона (Таблица 3.4).

Таблица 3.4

**Анализ корреляционной зависимости
коэффициентов полиномиальных уравнений от возраста умерших**

Коэффициент	A	B	C	D
r_{xy}	0,022	0,196	0,169	0,218
Значимость r_{xy}	0,177	1,623	1,398	1,812

Полученные значения коэффициента корреляции Пирсона указывают на отсутствие значимой корреляционной зависимости от возраста коэффициентов полиномиального уравнения, описывающего изменение КДЭ исследуемых объектов при их пребывании в воде температурой 1-2°C.

3.2.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°C.

Из всех коэффициентов (А, В, С и D) полиномиальных уравнений, описывающих динамику изменения КДЭ кожи трупа, находящейся в воде температурой 3-14°C, сформированы ряды данных. Учитывая, что выбор метода

корреляционного анализа зависит от типа распределения данных в группах коэффициентов, для них также рассчитали значения эксцесса и асимметричности (Таблица 3.5).

Таблица 3.5

**Параметры распределения
в выборках коэффициентов А, В, С, D**

Коэффициент	А	В	С	D
M	-0,00001	0,006	0,251	6,875
S _x	0,00001	0,0007	0,021	0,188
Σ	0,0001	0,006	0,177	1,548
E _k	9,240	2,037	0,510	-0,052
As	1,376	1,421	0,779	0,546

Результаты расчетов меньше $|2|$ в рядах данных коэффициентов С и D указывают, что их распределение является нормальным. Значения эксцесса более $|2|$ в рядах данных коэффициентов А и В говорят о типе распределения, отличающемся от распределения Гаусса (для удобства восприятия такие значения имеют серый цвет).

На основании информации о типах распределения данных сделан вывод, что для определения корреляционной связи коэффициентов А и В с возрастом умершего необходимо использовать коэффициент корреляции Спирмена, а для коэффициентов С и D – расчет корреляции Пирсона (Таблица 3.6).

Таблица 3.6

**Анализ корреляционной зависимости
коэффициентов полиномиальных уравнений от возраста умерших**

Коэффициент	А	В	С	D
r_{xy}	не применим	не применим	0,149	0,254
Значимость r_{xy}			1,224	2,135
ρ_{xy}	0,024	0,099	не применим	не применим
Значимость ρ_{xy}	0,192	0,813		

Значения величины корреляции Спирмена (для коэффициентов А и В) и Пирсона (для коэффициентов С и D) указывают на отсутствие значимой кор-

реляционной связи между возрастом умершего и коэффициентами полиномиального уравнения, описывающего изменение КДЭ кожи трупа, находящейся в пресной воде температурой 3-14°C.

3.2.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°C.

Из всех уравнений, описывающих динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа, находящегося во время экспериментального моделирования в воде температурой 15-24°C, сформированы ряды данных каждого из коэффициентов (A, B, C, D). С целью определения соответствия закона распределения данных требованиям нормального типа для каждой выборки произведен расчет их параметров (Таблица 3.7).

Таблица 3.7

Параметры распределения в выборках коэффициентов A, B, C, D

Коэффициент	A	B	C	D
M	-0,00005	0,008	0,297	6,732
S_x	0,00001	0,0009	0,025	0,202
Σ	0,0001	0,007	0,206	1,665
E_k	2,418	2,045	1,057	0,427
As	-1,117	1,420	0,815	0,749

Условие нормальности распределения данных в выборках, позволяющее применять линейную корреляцию Пирсона, не соблюдается, о чем свидетельствуют значения эксцесса для коэффициентов A и B превышающие число 2 по модулю, следовательно, определение корреляционной зависимости этих коэффициентов от возраста умерших должно проводиться использованием коэффициента корреляции Спирмена. Для коэффициентов C и D, выборки которых имеют нормальное распределение, применим коэффициент корреляции Пирсона (Таблица 3.8).

Таблица 3.8

**Анализ корреляционной зависимости
коэффициентов полиномиальных уравнений от возраста умерших**

Коэффициент	А	В	С	Д
r_{xy}	не приме- ним	не приме- ним	0,220	0,292
Значимость r_{xy}			1,828	2,479
ρ_{xy}	-0,213	0,318	не приме- ним	не приме- ним
Значимость ρ_{xy}	-1,769	2,722		

Полученные значения коэффициентов корреляции в пределах от 0,2 до 0,3 говорят о наличии очень слабой корреляционной зависимости значений коэффициентов уравнений, описывающих изменение КДЭ при температуре воды 15-24°C, от возраста умершего человека.

3.2.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.

С целью проведения правильного корреляционного анализа следует оценить параметры распределения в рядах данных коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих изменение КДЭ кожного покрова трупа при его пребывании в воде температурой 25-30°C (Таблица 3.9).

Таблица 3.9

**Параметры распределения
в выборках коэффициентов А, В, С, D**

Коэффициент	А	В	С	Д
M	-0,00004	0,0105	0,349	6,627
S_x	0,00002	0,0009	0,023	0,203
Σ	0,0002	0,008	0,189	1,678
E_k	10,152	0,049	0,963	4,754
A_s	2,558	0,795	0,545	1,434

Выявлено отсутствие нормальности распределения данных в выборке коэффициента А (значения E_k и A_s больше |2|) и в выборке коэффициента D

(значение E_k значительно больше $|2|$). При этом значения указанных характеристик для выборок коэффициентов В и С значительно меньше $|2|$, то есть данные в этих рядах распределены по нормальному типу.

Таким образом, с учетом полученных значений асимметричности и эксцесса, для проведения оценки корреляционной зависимости коэффициентов А и D полиномиального уравнения от возраста использовался коэффициент корреляции Спирмена, не требующий соблюдения условия нормальности распределения от сравниваемых выборок, а для коэффициентов В и С – коэффициент корреляции Пирсона (Таблица 3.10).

Таблица 3.10

**Анализ корреляционной зависимости
коэффициентов полиномиальных уравнений от возраста умерших**

Коэффициент	А	В	С	Д
r_{xy}	не применим	0,156	0,246	не применим
Значимость r_{xy}		1,283	2,058	
ρ_{xy}	0,251	не применим	не применим	0,285
Значимость ρ_{xy}	-2,106			2,417

Полученные значения коэффициентов корреляции Спирмена (для коэффициентов А и D) и Пирсона (для коэффициентов В и С) указывают на наличие очень слабой корреляционной зависимости всех коэффициентов полиномиального уравнения от возраста, которая статистически не имеет принципиального значения, следовательно, ею можно пренебречь.

3.2.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.

Аналогичный подход применен к исследованию объектов, находящихся в температурных условиях 31-40°C.

Для использования определенного коэффициента корреляции и получения достоверного результата проведена оценка характеристик распределения

данных в рядах всех коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа, находящегося в воде температурой 31-40°C (Таблица 3.11).

Таблица 3.11

**Параметры распределения
в выборках коэффициентов А, В, С, D**

Коэффициент	А	В	С	D
М	-0,0002	0,018	0,443	6,593
S_x	0,00004	0,002	0,032	0,179
Σ	0,0003	0,019	0,264	1,483
E_k	7,712	5,363	1,035	1,759
As	-2,221	2,096	0,923	1,119

В выборках коэффициентов С и D значения асимметричности и эксцесса меньше $|2|$, то есть распределение данных характеризуется нормальным типом, для них будет использован коэффициент корреляции Пирсона. Расчет корреляции по Спирмену целесообразно произвести в выборках коэффициентов А и В, т.к. величины E_k и As для этих выборок характеризуют тип распределения данных в них как отличный от нормального (Таблица 3.12).

Таблица 3.12

**Анализ корреляционной зависимости
коэффициентов полиномиальных уравнений от возраста умерших**

Коэффициент	А	В	С	D
r_{xy}	не приме- ним	не приме- ним	0,175	0,231
Значимость r_{xy}			1,448	1,925
ρ_{xy}	-0,178	0,172	не приме- ним	не приме- ним
Значимость ρ_{xy}	-1,467	1,416		

Полученные значения коэффициентов корреляции Спирмена (для коэффициентов А и В) и Пирсона (для коэффициентов С и D) указывают на отсутствие значимой корреляционной зависимости коэффициентов от возраста.

* * *

Таким образом, с помощью корреляционного анализа нами получены результаты, указывающие на отсутствие зависимости значения всех коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа при его контакте с пресной водой, от возраста умерших.

3.3. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от принадлежности умершего к определенному полу.

Кожа мужчин и женщин отличается по ряду параметров. У мужчин под влиянием андрогенов значительно больше удельная плотность коллагена в дерме, в то время как эстрогены у женщин способствуют накоплению в ней гиалуроновой кислоты. Как результат мужская кожа имеет большую толщину и меньшую чувствительность, а женская содержит больше воды (Шепитько В.И., Ерошенко Г.А., Лисаченко О.Д., 2013; Целуйко С.С., Малюк Е.А., Корнеева Л.С. и др., 2016). Тот факт, что женская кожа содержит больше жидкости, может влиять на её электропроводность, следовательно, необходимо проверить влияние пола умершего человека на значения коэффициентов полиномиальных уравнений.

Для использования того или иного статистического метода обработки данных нужно быть уверенным, что допущения, на которых он основан, выполняются, иначе велик риск, выполнив правильную последовательность действий, прийти к ошибочным выводам (Гланц С., 1999).

Для подтверждения наличия либо отсутствия влияния пола умершего на динамику изменения КДЭ кожи трупа необходимо провести парный сравнительный анализ женской группы с мужской.

Для правильного выбора метода парного статистического анализа необходимо сначала определить характер распределения данных в каждой выборке

путем расчета асимметричности и эксцесса для каждого коэффициента полиномиальных уравнений, описывающих изменения КДЭ кожного покрова трупа в процессе его пребывания в воде определенной температуре.

Вероятнее всего, в ходе установления характера распределения данных будет выявлена часть групп, характеризующихся нормальным распределением, а также часть – распределением отличным от нормального.

Для достоверности получаемых результатов необходимо использование статистического метода парного сравнения, подходящего для выявленного типа распределения данных, так как применение непараметрических критериев для выборок с нормальным распределением существенно снижает их чувствительность, при этом применение для сравнения таких выборок параметрических критериев значительно повышает шансы выявить реально существующие различия (Гланц С., 1999).

Таким образом, в тех случаях, когда в ходе предварительных расчетов будет выявлено, что распределение данных в выборке не подчиняется нормальному типу, для парного их сравнения следует избрать способ Данна с вычислением Q-критерия ($Q_{\text{расчет}}$).

$Q_{\text{расчет}}$ сравнивалось с величиной Q-критического ($Q_{\text{крит}}$) установленной для двух групп сравнения на уровне 1,960 (Гланц С., 1999) для $P \geq 95\%$. Получение $Q_{\text{расчет}} > Q_{\text{крит}}$ указывает на наличие статистически значимых отличий сравниваемых групп (Глава 2).

Для проведения сравнительного парного анализа выборок, характеризующихся нормальным типом распределения, мы планировали использовать t-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони, который очень популярен и используется в большей части медицинских научных публикаций. Однако классический t-критерий Стьюдента предполагает, что обе группы данных взяты из совокупностей, которые не только следуют нормальному распределению, но и имеют одинаковую дисперсию. Данное условие в экспериментальных исследованиях выполняется не всегда, а производить дополнительные расчеты

по определению дисперсии каждой выборки и их статистического совпадения значительно увеличит объем выполняемой работы.

Баврина А.П. (2021) для проведения сравнительного анализа двух выборок, имеющих различные дисперсии, предлагает использование модифицированного t-критерия Уэлча. При его использовании в формуле расчета степеней свободы учитывается разница стандартных отклонений, при этом если стандартные отклонения выборок одинаковы, то количество степеней свободы для t-критерия Уэлча совпадет с таковым для t-критерия Стьюдента (Ruxton G.D., 2006).

Следовательно, когда размеры выборки и дисперсии между группами не равны, сравнение средних значений двух независимых групп лучше провести, используя t-критерий Уэлча.

Таким образом, для групп, в которых данные имеют распределение по нормальному закону, был использован t-критерий Уэлча, но для уровня значимости все равно применили поправку Бонферрони. Следовательно, учитывая наличие двух сравниваемых групп данных, уровень значимости составил не 0,05, а 0,025.

3.3.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°C.

На рисунке 3.2, представленном ниже, имеется возможность визуально сравнить средние величины коэффициентов полиномиальных уравнений в сравниваемых группах.

Значения коэффициентов на рисунке приведены в их соотношении с ошибкой среднего, вычисляемой как отношение стандартного отклонения результатов измерений к квадратному корню количества этих измерений (подробно в Главе 2).

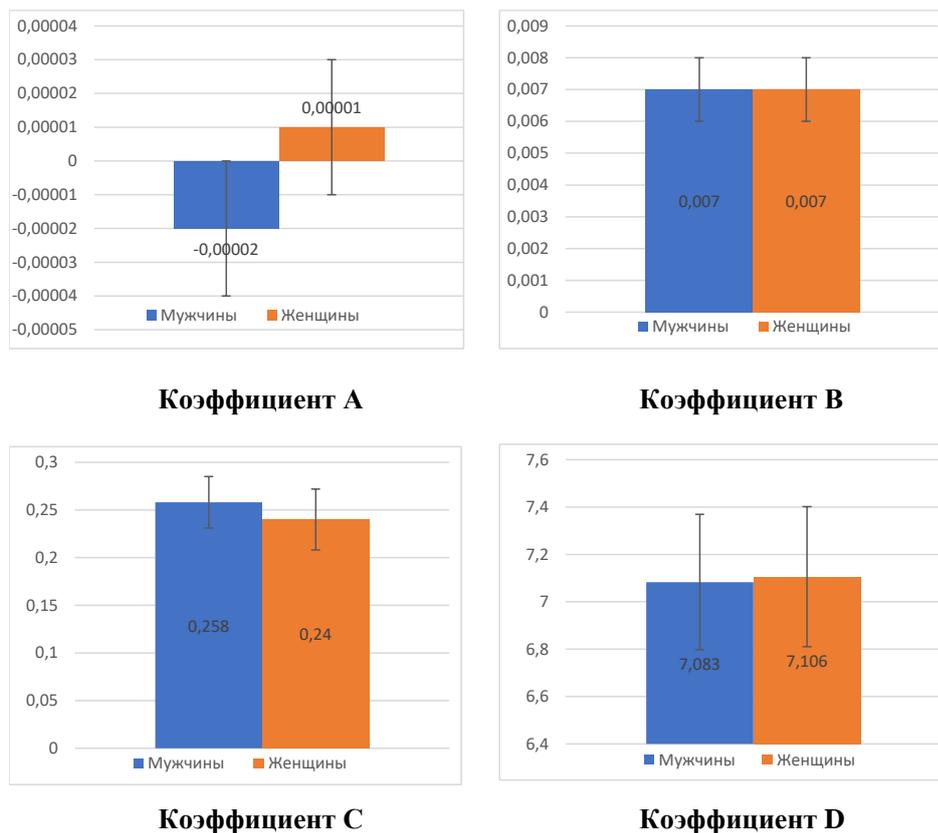


Рисунок 3.2. Сравнение μ коэффициентов уравнений в мужской и женской группах

Визуально определяется различие между мужской и женской выборками коэффициентов А и С при практически полном равенстве указанных величин для коэффициента В и относительного равенства их для случаев исследования коэффициента D.

Как было указано выше, для обоснованного применения одного из методов парного сравнительного анализа производится расчет эксцесса и асимметричности с целью оценки типа распределения данных в сравниваемых группах.

В таблицах 3.13-3.16 приведены характеристики распределения данных в сравниваемых группах, условно обозначенных «Мужчины» и «Женщины».

Из таблиц 3.13-3.16 следует, что в обеих группах (мужчины/женщины) все коэффициенты уравнений, описывающих изменения КДЭ кожного покрова трупа при его пребывании в воде температурой 1-2°C, распределены по нормальному типу.

Таблица 3.13

**Параметры распределения
коэффициента А в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Мужчины	Женщины
μ	-0,00002	0,00001
S_x	0,00002	0,00002
σ	0,0001	0,0001
E_k	0,949	1,874
As	-0,425	1,146

Таблица 3.14

**Параметры распределения
коэффициента В в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Мужчины	Женщины
μ	0,007	0,007
S_x	0,001	0,001
σ	0,005	0,005
E_k	-0,059	-0,417
As	0,836	0,752

Таблица 3.15

**Параметры распределения
коэффициента С в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Мужчины	Женщины
μ	0,258	0,24
S_x	0,0269	0,032
σ	0,175	0,162
E_k	0,044	-0,59
As	0,698	0,287

Таблица 3.16

**Параметры распределения
коэффициента D в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Мужчины	Женщины
μ	7,083	7,106
S_x	0,286	0,296
σ	1,857	1,509
E_k	0,988	0,226
As	0,836	0,77

Следовательно, для парного сравнительного анализа можно использовать модифицированный t-критерий с применением поправки Бонферрони, то есть для уровня значимости 0,025.

Результаты выполненного сравнительного анализа представлены в таблице 3.17 и приведены вместе с величинами критического значения (t критическое) для определения наличия значимых различий.

Таблица 3.17

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов А, В, С, D**

Коэффициент	А		В		С		D	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
μ	-2E-05	1E-05	0,007	0,007	0,258	0,239	7,083	7,106
σ^2	1E-08	9E-09	3E-05	2E-05	0,031	0,027	3,447	2,278
n	42	26	42	26	42	26	42	26
df	55		57		56		61	
t	-1,399		-0,170		0,441		-0,057	
t (α)	2,304		2,302		2,303		2,298	

Полученные значения t-критерия для всех коэффициентов уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи трупа в воде температурой 1-2°C, значительно меньше критических значений, следовательно, правомерным является вывод об отсутствии различий сравниваемых групп.

3.3.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°C.

На представленном ниже рисунке 3.3 продемонстрировано сравнение средних значений коэффициентов полиномиальных уравнений в группах.

В отличие от предыдущей температурной группы, представленный рисунок визуализирует различие величин сформированных групп для изучаемых коэффициентов. Однако истинность этих различий, естественно, можно определить только в ходе проведения соответствующего статистического анализа.

В последующем, как и ранее, характеристики сформированных групп сравнения представим в таблицах (Таблицы 3.18-3.21).

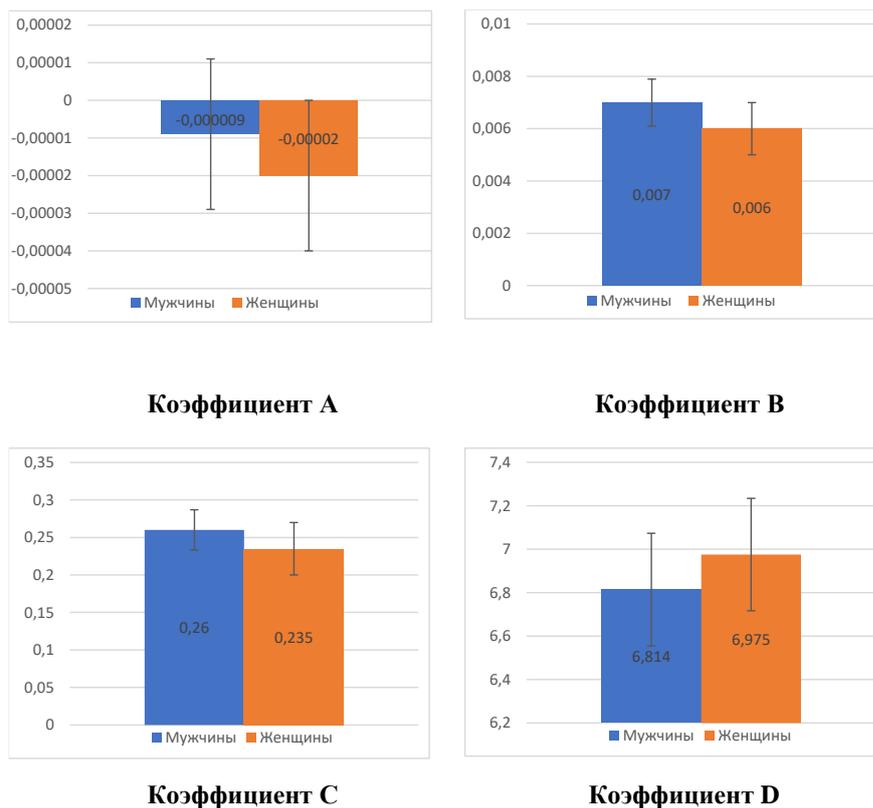


Рисунок 3.3. Сравнение μ коэффициентов уравнений в мужской и женской группах

Таблица 3.18

Параметры распределения коэффициента А в двух группах (мужчины/женщины)

Пол	Мужчины	Женщины
M	-0,000009	-0,00002
S_x	0,00002	0,00002
Σ	0,0001	0,0001
E_k	13,079	0,703
A_s	2,214	-0,452

Таблица 3.19

Параметры распределения коэффициента В в двух группах (мужчины/женщины)

Пол	Мужчины	Женщины
μ	0,007	0,006
S_x	0,0009	0,001
σ	0,006	0,006
E_k	2,989	0,421
A_s	1,755	0,854

Таблица 3.20

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Мужчины	Женщины
μ	0,260	0,235
S_x	0,027	0,035
σ	0,177	0,178
E_k	0,922	-0,001
A_s	0,958	0,548

Таблица 3.21

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Мужчины	Женщины
μ	6,814	6,975
S_x	0,259	0,259
σ	1,685	1,323
E_k	-0,036	-0,132
A_s	0,699	0,178

Значения асимметричности и эксцесса в выборке коэффициента А, а также значение эксцесса в выборке коэффициента В в группе «мужчины» больше |2|, следовательно, распределения в данных группах отличаются от нормального, и для сравнения указанных коэффициентов необходимо использовать критерий Q-критерий (Данна) (Таблица 3.22).

Таблица 3.22

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов А и В**

Коэффициент	А		В	
	Муж	Жен	Муж	Жен
Пол				
Значение среднего ранга	33,819	35,615	34,988	33,712
$Q_{\text{расчет}}$	-0,44		0,259	
$Q_{\text{крит}}$	1,96			

Выборки коэффициентов С и D в обеих группах распределены по нормальному типу, следовательно, для проведения их сравнительного анализа использован модифицированный t-критерий (Таблица 3.23).

Как и ранее, расчет производился путем сравнения средних значений в выборках, соотнесенных с величинами дисперсии по выборке, исходя из числа степеней свободы при сравнении с критической величиной t-критерия, выбранного исходя из условия $P \geq 97,5\%$.

Таблица 3.23

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов С и D**

Коэффициент	С		D	
	Муж	Жен	Муж	Жен
μ	0,26	0,235	6,814	6,975
σ^2	0,031	0,032	2,838	1,75
n	42	26	42	26
<i>df</i>	53		62	
t	0,577		-0,437	
t (α)	2,307		2,297	

Как следует из приведенных выше расчетов, полученные в результате статистического анализа значения t-критерия и Q-критерия значительно меньше критических, что указывает на отсутствие статистически значимых различий между коэффициентами уравнений, описывающих изменения КДЭ кожного покрова трупа в воде температурой 3-14°C, в сравниваемых группах (мужчины/женщины).

3.3.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°C.

На рисунке 3.4, представленном ниже, изображены средние величины коэффициентов в мужской и женской группах.

При визуальном сравнении определяется разница в средних значениях с бóльшими цифровыми показателями в группе «женщины», но для объективного подтверждения наличия статистических отличий необходимо проведение парного сравнительного анализа.

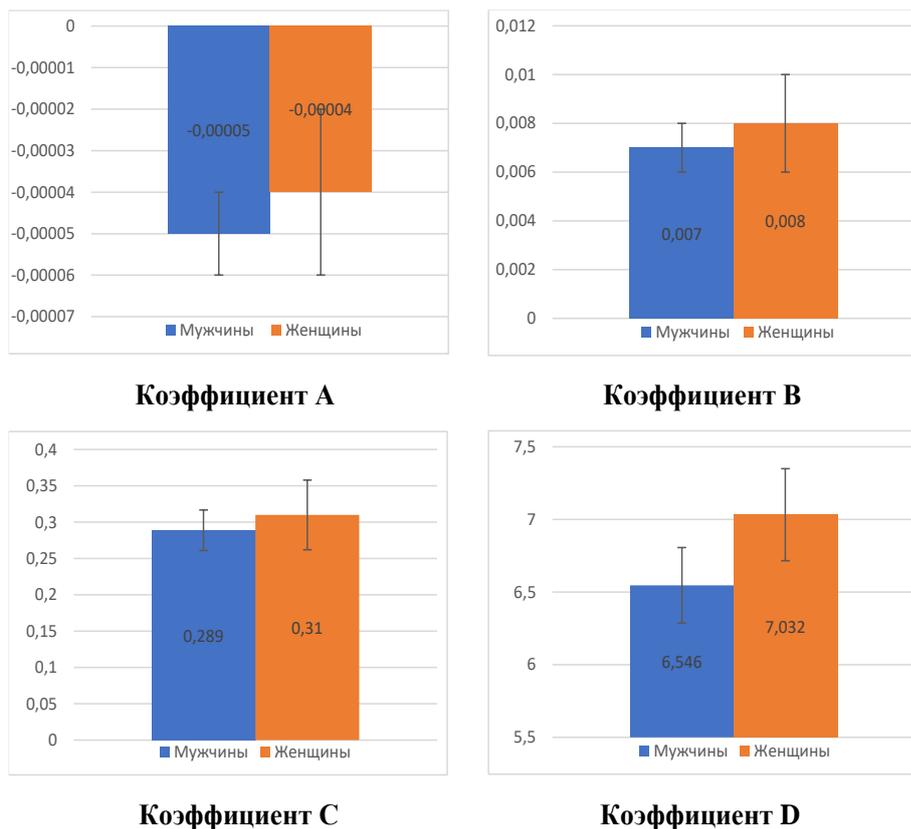


Рисунок 3.4. Сравнение μ коэффициентов уравнений в мужской и женской группах

С целью выбора статистического метода сравнения коэффициентов в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа в сравниваемых группах, проведем оценку характеристик распределения данных в выборках (Таблицы 3.24-3.27).

Таблица 3.24

Параметры распределения коэффициента А в двух группах (мужчины/женщины)

Пол	Муж	Жен
μ	-0,00005	-0,00004
S_x	0,00001	0,00002
σ	0,00008	0,0001
E_k	1,071	2,466
As	-1,028	-1,165

Таблица 3.25

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	0,007	0,008
S_x	0,001	0,002
σ	0,006	0,008
E_k	0,49	2,4
As	0,979	1,653

Таблица 3.26

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	0,289	0,31
S_x	0,028	0,048
σ	0,179	0,247
E_k	0,234	1,049
As	0,688	0,815

Таблица 3.27

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	6,546	7,032
S_x	0,26	0,317
σ	1,687	1,617
E_k	1,314	-0,412
As	0,992	0,46

Вычисленные значения эксцесса в группах «женщины» коэффициентов А и В больше $|2|$, что указывает на отсутствие нормального распределения данных, поэтому проведение парного сравнительного анализа указанных коэффициентов проведено расчетом критерия Q-Данна (Таблица 3.28).

Полученные значения Q (Данна) значительно меньше критического, что указывает на отсутствие статистически значимых различий в значениях коэффициентов А и В полиномиальных уравнений, описывающих изменения КДЭ кожи трупа при температуре 15-24°C в группах мужчины/женщины.

Таблица 3.28

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов А и В**

Коэффициент	А		В	
	Муж	Жен	Муж	Жен
Значение среднего ранга	33,643	35,885	33,762	35,692
$Q_{\text{расчет}}$	-0,454		-0,391	
$Q_{\text{крит}}$	1,960			

Асимметричность и эксцесс в группах коэффициентов С и D меньше [2], на основании чего можно сделать вывод о распределении данных, соответствующем нормальному закону в обеих группах (мужчины/женщины), следовательно, для их сравнения применим параметрический метод сравнения групп – модифицированный t-критерий с поправкой Бонферрони, то есть для уровня значимости 0,025 (Таблица 3.29).

Таблица 3.29

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов С и D**

Коэффициент	С		D	
	Муж	Жен	Муж	Жен
μ	0,289	0,31	6,546	7,032
σ^2	0,0319	0,061	2,845	2,613
n	42	26	42	26
df	41		55	
t	-0,373		-1,186	
t (α)	2,327		2,304	

В результате расчетов t-критерия установлено отсутствие статистически значимых различий между значениями коэффициентов С и D в уравнениях, описывающих изменения КДЭ кожи трупа при температуре 15-24°C в группах мужчины/женщины.

3.3.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.

Сначала проведем визуальное сравнение в мужской и женской группах средних величин коэффициентов (Рисунок 3.5).

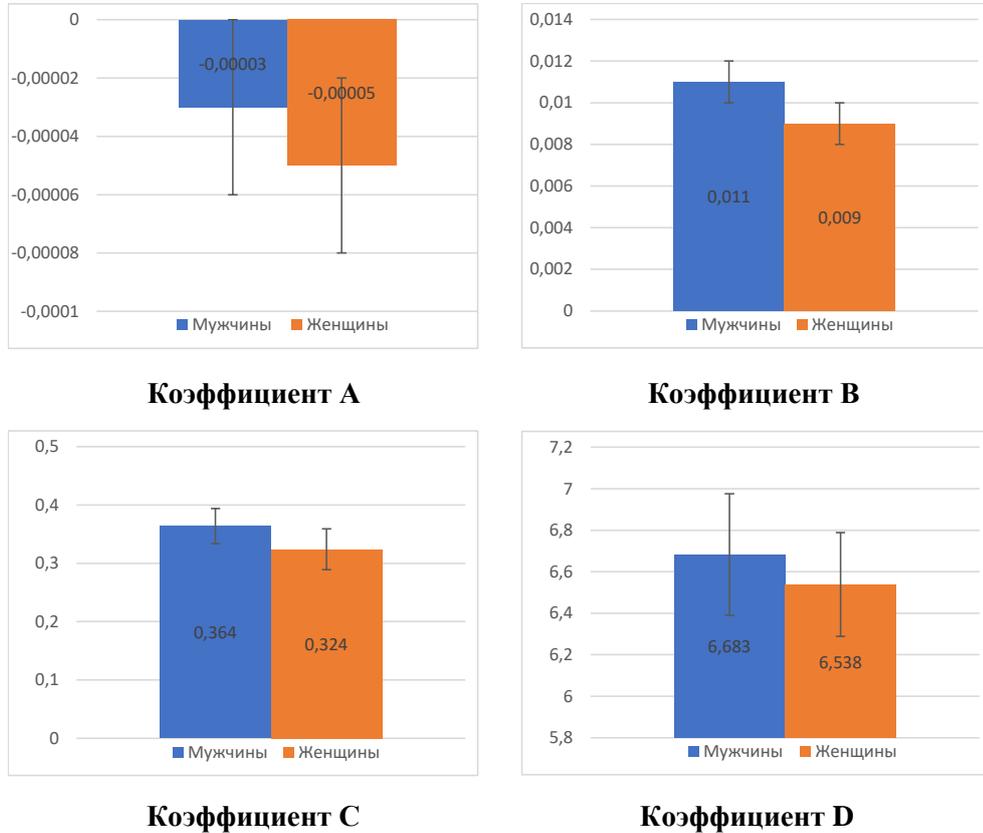


Рисунок 3.5. Сравнение μ коэффициентов уравнений в мужской и женской группах

При сравнении средних величин значения всех коэффициентов в группе «женщины» меньше, чем в группе «мужчины», однако для объективного подтверждения наличия отличий проведем парный сравнительный анализ.

Для определения наиболее подходящего метода сравнительного статистического анализа групп мужчины/женщины, для каждого из коэффициентов полиномиальных уравнений рассчитаны значения эксцесса и асимметричности, позволяющие сделать вывод о характере распределения данных (Таблицы 3.30-3.33).

Таблица 3.30

**Параметры распределения коэффициента А
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	-0,00003	-0,00005
S_x	0,00003	0,00003
σ	0,0002	0,0001
E_k	9,771	5,004
A_s	2,692	1,314

Таблица 3.31

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	0,011	0,009
S_x	0,001	0,001
σ	0,008	0,007
E_k	0,235	-0,988
A_s	0,831	0,614

Таблица 3.32

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	0,364	0,324
S_x	0,03	0,035
σ	0,196	0,18
E_k	1,233	0,097
A_s	0,801	-0,039

Таблица 3.33

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	6,683	6,538
S_x	0,293	0,25
σ	1,897	1,277
E_k	4,576	-0,486
A_s	1,599	0,014

Из таблиц 3.30-3.33 следует, что коэффициент А обеих групп и коэффициент D в группе «мужчины» имеют отличное от нормального распределение, для них необходимо использовать коэффициент Q-Данна. Для нормально распределенных коэффициентов В и С – модифицированный t-критерий.

Результаты расчетов представим в соотношении с их критическими величинами, определяемыми исходя из численности групп и величины свободы выбора (Гланц С., 1999), в следующих таблицах (Таблицы 3.34-3.35).

Таблица 3.34

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов А и D**

Коэффициент	А		D	
	Муж	Жен	Муж	Жен
Значение среднего ранга	31,119	32,346	34,833	33,962
$Q_{\text{расчет}}$	-0,249		0,177	
$Q_{\text{крит}}$	1,960			

Таблица 3.35

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов В и С**

Коэффициент	В		С	
	Муж	Жен	Муж	Жен
μ	0,011	0,009	0,364	0,324
σ^2	0,00006	0,00005	0,038	0,032
n	42	26	42	26
df	59		57	
t	0,932		0,855	
t (α)	2,3		2,302	

Значения рассчитанных критериев значительно меньше критических, из чего следует, что статистически значимых различий между коэффициентами уравнений, описывающих изменения КДЭ кожного покрова трупа при пребывании в воде температурой 25-30°C в группах мужчины/женщины, нет.

3.3.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.

Учитывая проведенные выше расчеты, мы предполагаем, что пол умершего не оказывает влияния на значения коэффициентов полиномиальных уравнений и в данных температурных условиях, а полученные различия средних случайны. Однако для полноценного доказательства нашего предположения необходимо провести парный статистический анализ.

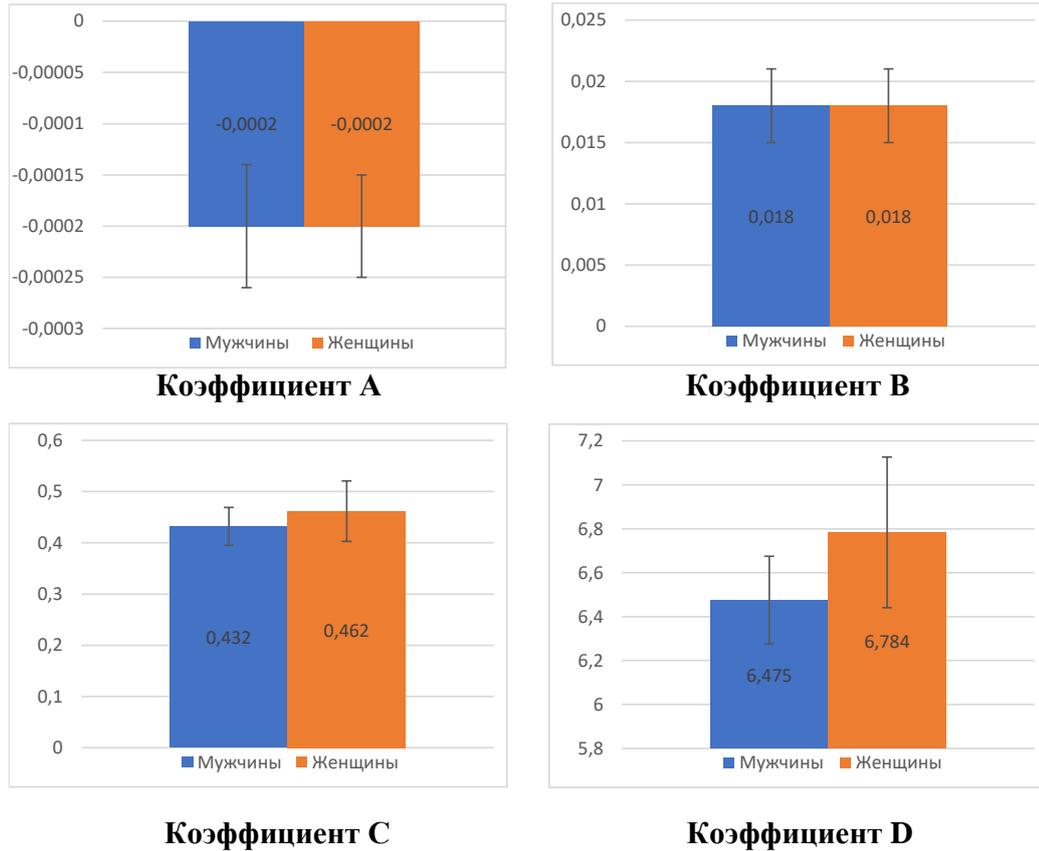


Рисунок 3.6. Сравнение μ коэффициентов уравнений в мужской и женской группах

На рисунке 3.6 можно видеть отсутствие различий в средних значениях коэффициентов А и В у сравниваемых групп, при этом значения коэффициентов С и D имеют значимые отличия.

Для определения наличия достоверных различий проведен парный сравнительный анализ с использованием статистических методов, соответствующих типу распределения данных в выборках.

Таблица 3.36

**Параметры распределения коэффициента А
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	-0,0002	-0,0002
S_x	0,00006	0,00005
σ	0,0004	0,0002
E_k	7,712	2,059
As	-2,348	-1,388

Таблица 3.37

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	0,018	0,018
S_x	0,003	0,003
σ	0,019	0,016
E_k	6,656	0,219
As	2,486	0,875

Таблица 3.38

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	0,432	0,462
S_x	0,037	0,059
σ	0,239	0,303
E_k	3,349	-0,427
As	1,617	0,298

Таблица 3.39

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (мужчины/женщины)**

Пол	Муж	Жен
μ	6,475	6,784
S_x	0,2	0,343
σ	1,301	1,748
E_k	4,209	0,198
As	1,441	0,763

Для оценки типа распределения данных в группах мужчины/женщины в выборках всех коэффициентов уравнений определены характеристики выборок, включающие значения эксцесса и асимметричности (Таблицы 3.36-3.39).

В связи с тем, что все коэффициенты (А, В, С, D) группы «мужчины» и коэффициент А в группе «женщины» распределены не по нормальному закону, для статистической обработки использован критерий Q-Данна (Таблицы 3.40 и 3.41).

Таблица 3.40

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов А, В**

Коэффициент	А		В	
	Муж	Жен	Муж	Жен
Значение среднего ранга	28,571	34,577	34,952	33,346
$Q_{\text{расчет}}$	-1,217		0,326	
$Q_{\text{крит}}$	1,960			

Таблица 3.41

**Парное сравнение групп мужчины/женщины
для коэффициентов А, В**

Коэффициент	С		D	
	Муж	Жен	Муж	Жен
Значение среднего ранга	35,309	33,115	35,5	32,885
$Q_{\text{расчет}}$	0,445		0,53	
$Q_{\text{крит}}$	1,960			

Полученные значения критерия Q-Данна значительно меньше критического, следовательно, статистически значимых различий между коэффициентами в сравниваемых группах (мужчины/женщины) при воздействии на объекты пресной воды температурой 31-40°C нет.

* * *

Таким образом, парный сравнительный анализ сформированных групп мужчины/женщины показал отсутствие зависимости всех коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих изменения КДЭ кожи трупа при различных температурных режимах, от половой принадлежности умерших.

3.4. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от этанолэмии трупа.

Влияние алкоголя на организм сопровождается комплексом характерных физиологических и морфологических изменений. Кроме того, при принятии алкоголя зачастую развиваются выраженные нарушения водноэлектролитного обмена в органах и тканях человека (Онянов А.М., Халиков А.А., 2008), что применительно к изучаемой нами проблеме может стать причиной изменения электропроводящих свойств кожи трупа. Поэтому проверка влияние наличия либо отсутствия алкоголя в крови умершего на КДЭ кожи его трупа, а тем более на динамику его изменения в процессе пребывания трупа в воде, является неотъемлемой частью нашей работы.

Все исследованные образцы были распределены на две группы соответственно факту наличия этанолэмии на момент смерти лица, объекты от которого подвергались изучению.

Для проведения сравнительного парного статистического анализа использован тот же алгоритм проведения статистического анализа, что и при определении зависимости коэффициентов полиномиальных уравнений от пола умерших.

3.4.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°C.

Для выборок каждого коэффициента (A, B, C, D) в группах (с этанолом/без этанола) рассчитаны средние значения со стандартной ошибкой (Рисунок 3.7).

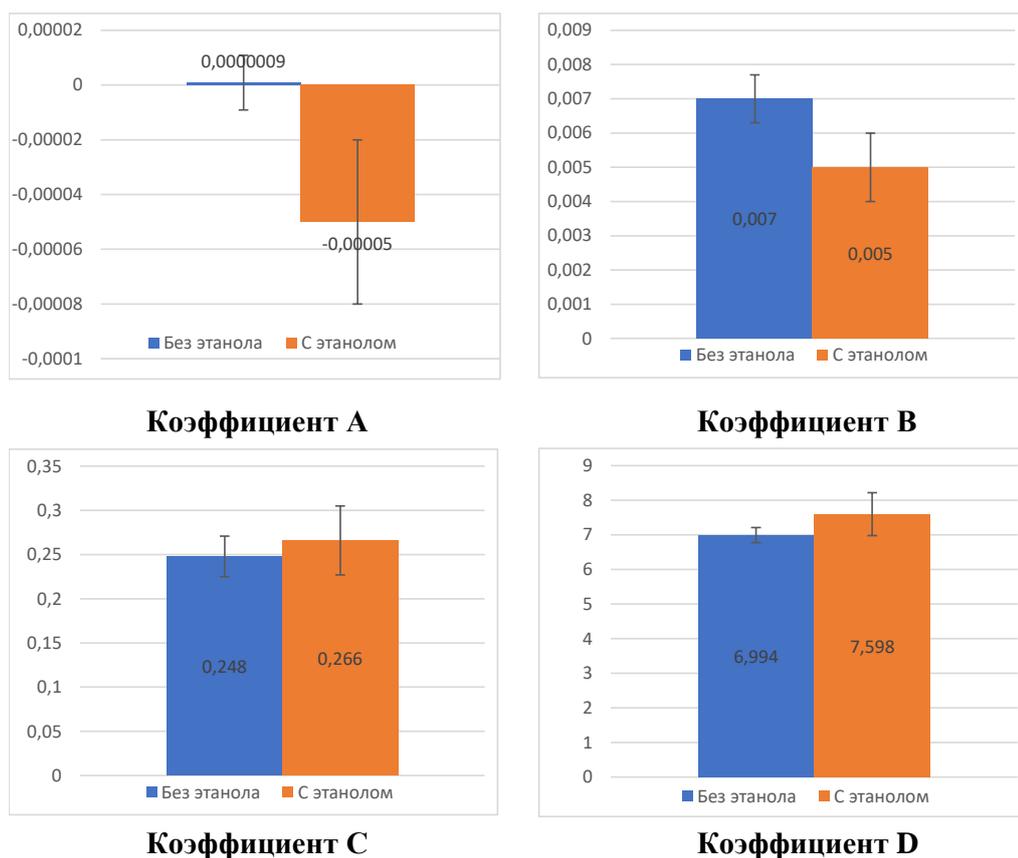


Рисунок 3.7. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах с этанолом и без этанола

Как следует из рисунка 3.7, средние значения в сравниваемых группах отличаются, однако для формирования представления о наличии либо отсутствии влияния этанолэмии на значения коэффициентов в полиномиальных уравнениях необходимо провести парный статистический анализ.

В таблицах 3.42-3.45 приведены показатели, характеризующие нормальность распределения в группах всех коэффициентов уравнения, описывающего изменение КДЭ кожи трупа в воде температурой 1-2°C.

Таблица 3.42

Параметры распределения коэффициента А в двух группах (без этанола/с этанолом)

	Без этанола	С этанолом
μ	0,0000009	-0,00005
S_x	0,00001	0,00003
σ	0,0001	0,00009
E_k	0,819	5,953
A_s	0,317	-2,265

Таблица 3.43

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,007	0,005
S_x	0,0007	0,001
σ	0,005	0,005
E_k	-0,278	0,49
As	0,779	0,913

Таблица 3.44

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,248	0,266
S_x	0,023	0,039
σ	0,177	0,13
E_k	-0,133	-1,299
As	0,644	-0,317

Таблица 3.45

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	6,994	7,598
S_x	0,219	0,619
σ	1,652	2,053
E_k	2,054	-1,314
As	1,133	-0,392

Из таблиц 3.42-3.45 видно, что распределения в выборках коэффициентов А «с этанолом» и D «без этанола» отличаются от нормального, что говорит о необходимости использования для указанных коэффициентов непараметрического метода анализа путем расчета Q - критерия (Данна).

Установлено, что сравнение групп, выполненное для коэффициентов А и D, не сопровождалось выявлением достоверных различий между сравниваемыми группами, т.к. вычисленные значения критерия Данна в обоих случаях

не превышали значение критической величины Q , выбранное из таблиц при уровне значимости равном 0,05 (Таблица 3.46).

Таблица 3.46

**Парное сравнение групп
для коэффициентов А и D**

Коэффициент	А		D	
	Без этанолола	С этанолом	Без этанолола	С этанолом
Значение среднего ранга	35,702	28,273	35,649	28,545
$Q_{\text{расчет}}$	1,141		1,091	
$Q_{\text{крит}}$	1,960			

Для коэффициентов В и С, где выборки характеризуются нормальным типом распределения, использовался t-критерий (Уэлча) с применением поправки Бонферрони, т.е. для уровня значимости 0,025 (Таблица 3.47).

Таблица 3.47

**Парное сравнение групп
для коэффициентов В и С**

Коэффициент	В		С	
	Без Этанолола	С этанолом	Без этанолола	С Этанолом
μ	0,007	0,005	0,248	0,266
σ^2	0,00003	0,00002	0,031	0,017
n	57	11	57	11
df	15		18	
t	1,009		-0,386	
t (α)	2,489		2,445	

Рассчитанные значения Q (Данна) и t-критерия меньше критических значений, что указывает на отсутствие статистически значимых различий коэффициентов (А, В, С, D) в группах.

3.4.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°C.

Визуальные различия средних значений коэффициентов из уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при воздействии на объект пресной воды температурой 3-14°C в группах, изображены на рисунке 3.8.

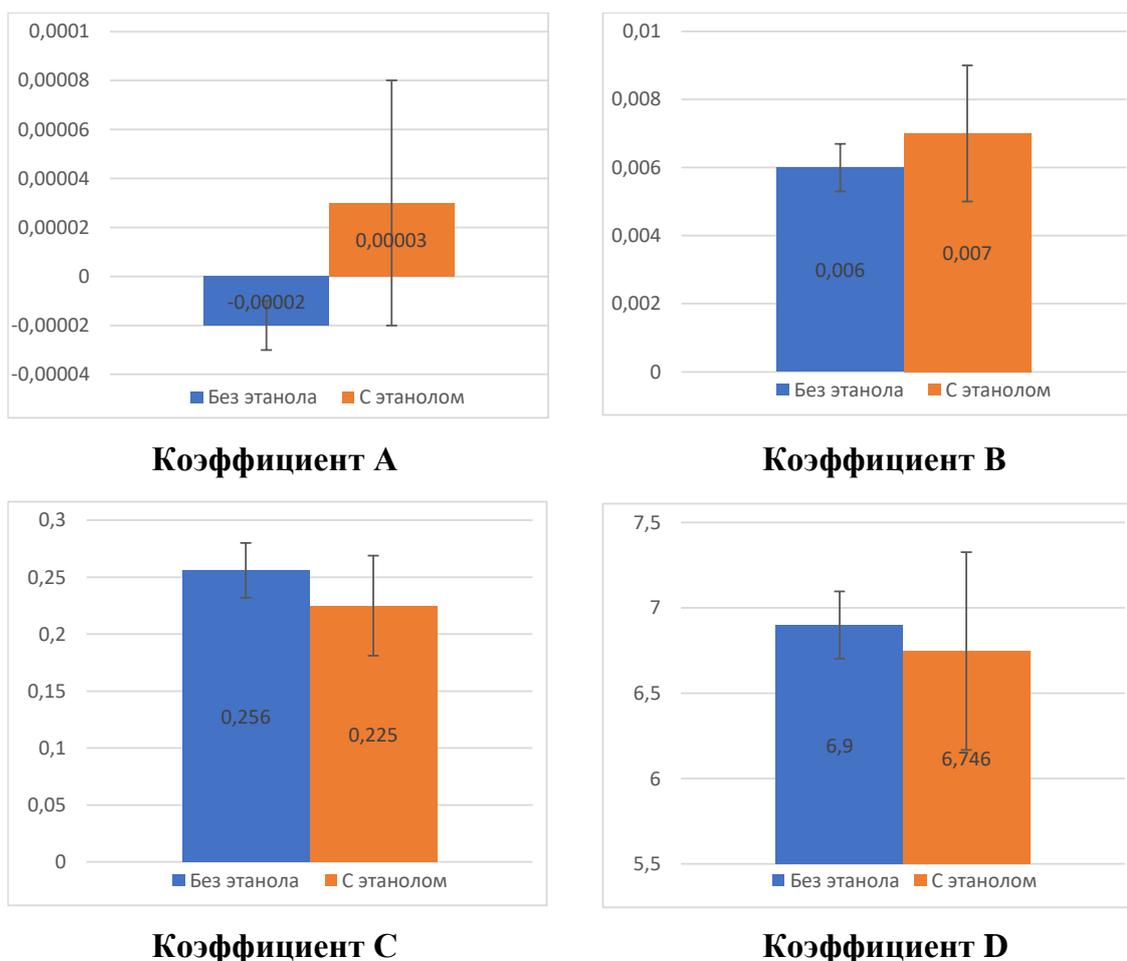


Рисунок 3.8. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах с этанолом и без этанола

Средние значения коэффициентов А и В в группе с этанолэмией умершего больше, при этом значения коэффициентов С и D в данной группе меньше. Обращает на себя внимание больший разброс средней ошибки в группе объектов с наличием этанола в крови умершего.

Как и ранее, для правильного выбора метода статистической обработки материала проведем расчет параметров, позволяющих определить вариант распределения данных для каждого коэффициента в каждой группе (Таблицы 3.48-3.51).

В выборке с этанолэмией коэффициент А и в обеих выборках коэффициент В распределены отлично от нормального закона, следовательно, при парном сравнении для них необходимо использовать непараметрический Q - критерий (Данна) (Таблица 3.52).

Таблица 3.48

**Параметры распределения коэффициента А
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	-0,00002	0,00003
S_x	0,00001	0,00005
σ	0,00009	0,0002
E_k	1,933	8,217
As	-0,808	2,716

Таблица 3.49

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,006	0,007
S_x	0,0007	0,002
σ	0,005	0,008
E_k	2,074	2,006
As	1,512	1,249

Таблица 3.50

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,256	0,225
S_x	0,024	0,044
σ	0,183	0,146
E_k	0,488	-0,637
As	0,752	0,795

Таблица 3.51

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
M	6,9	6,746
S_x	0,197	0,579
Σ	1,484	1,923
E_k	0,266	-1,124
As	0,803	-0,085

Таблица 3.52

**Парное сравнение групп
для коэффициентов А и В**

Коэффициент	А		В	
	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С Этанолом
Значение среднего ранга	34,263	35,727	34,746	33,227
$Q_{\text{расчет}}$	-0,225		0,233	
$Q_{\text{крит}}$	1,960			

В выборках обеих групп коэффициенты С и D с нормальным типом распределения для сравнения коэффициентов применим модифицированный t-критерий (Таблица 3.53).

Таблица 3.53

**Парное сравнение групп
для коэффициентов С и D**

Коэффициент	С		D	
	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С Этанолом
μ	0,256	0,225	6,9	6,746
σ^2	0,033	0,021	2,202	3,699
n	57	11	57	11
df	17		12	
t	0,615		0,251	
t (α)	2,458		2,56	

Полученные значения t-критерия Уэлча меньше критических, что доказывает отсутствие различий коэффициентов С и D в сравниваемых группах.

3.4.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°C.

Средние значения коэффициентов изображены на рисунке 3.9.

Все коэффициенты визуально в группах отличаются, но есть ли статистическая разница проверим проведением парного сравнительного анализа.

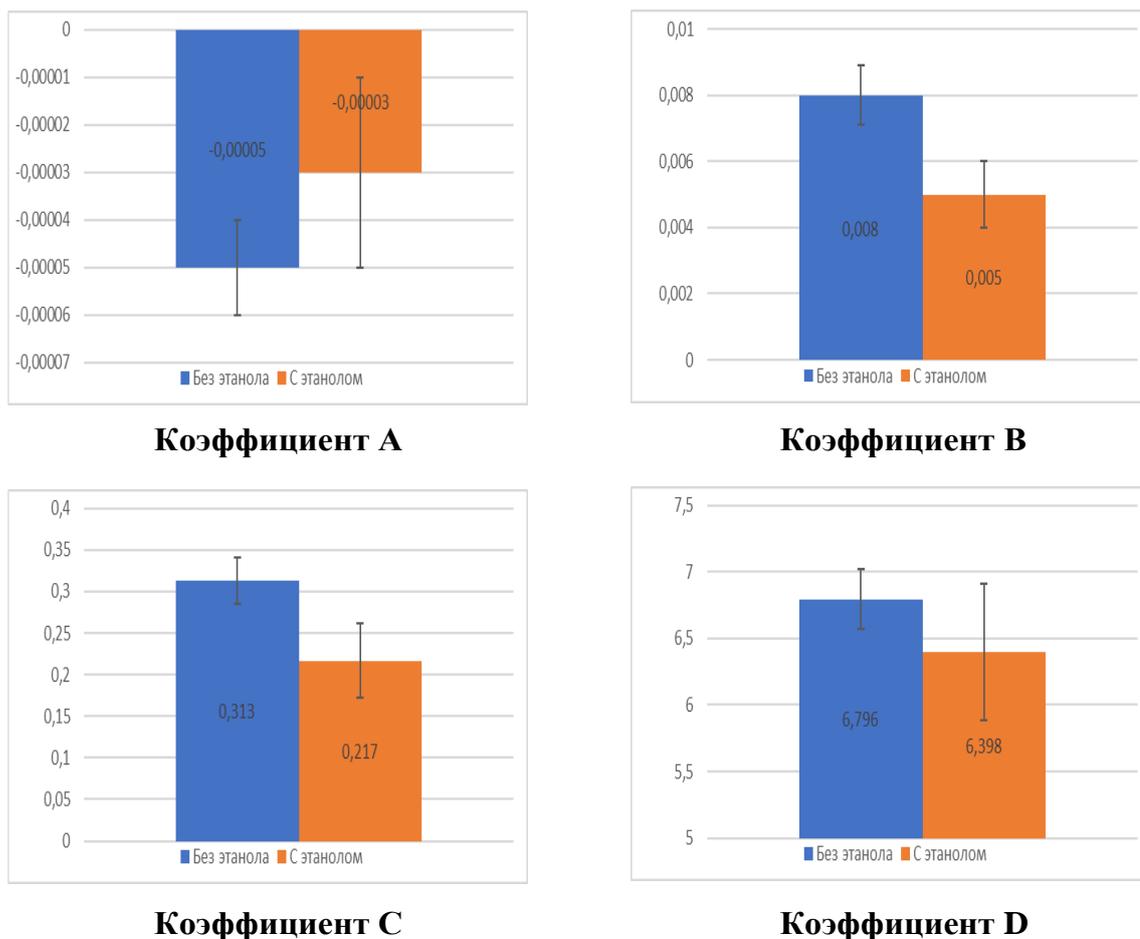


Рисунок 3.9. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах с этанолом и без этанола

С целью определения метода статистического анализа при парном сравнении групп необходимо определить тип распределения данных. Наиболее информативными показателями типа распределения данных служат значения эксцесса и асимметричности.

Результаты расчета этих параметров для каждого коэффициента в сравниваемых группах продемонстрированы в таблицах 3.54-3.57.

В обеих выборках (без этанола/с этанолом) коэффициента А значение эксцесса больше $|2|$, что характеризует их как ряды данных с распределением отличным от нормального, что исключает возможность применения для их сравнения параметрического статистического метода, следовательно, необходимо использовать непараметрический – метод Данна (Таблица 3.58).

Таблица 3.54

**Параметры распределения коэффициента А
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	-0,00005	-0,00003
S_x	0,00001	0,00002
σ	0,0001	0,00007
E_k	2,185	2,882
As	-1,039	-1,496

Таблица 3.55

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,008	0,005
S_x	0,0009	0,001
σ	0,007	0,005
E_k	1,676	0,808
As	1,349	1,044

Таблица 3.56

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,313	0,217
S_x	0,028	0,045
σ	0,213	0,149
E_k	0,902	-1,43
As	0,768	0,189

Таблица 3.57

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	6,796	6,398
S_x	0,221	0,514
σ	1,665	1,703
E_k	0,541	-0,776
As	0,919	-0,119

Таблица 3.58

**Парное сравнение групп
для коэффициента А**

Коэффициент	А	
	Без этанола	С этанолом
Значение среднего ранга	33,754	38,364
$Q_{\text{расчет}}$	-0,708	
$Q_{\text{крит}}$	1,960	

Расчет сопровождался получением значения существенно меньшего, нежели его критическое значение, определяемое по условию значимости расчета $P \geq 95\%$, что свидетельствует об отсутствии достоверных различий между сравниваемыми группами.

Значения асимметричности и эксцесса во всех выборках коэффициентов В, С и D меньше $|2|$, что указывает на нормальный тип распределения данных. Поэтому для парного сравнения указанных коэффициентов в группах, определенных по этанолэмии, использован модифицированный t-критерий с применением поправки Бонферрони, то есть для уровня значимости 0,025.

Расчет, как и ранее, выполнен исходя из средних величин групп, соотносимых с величиной их дисперсии и для заданных условий значимости результатов расчетов, определяемых исходя из числа степеней свободы и уровня достоверности расчета (Таблица 3.59).

Таблица 3.59

**Парное сравнение групп
для коэффициентов В, С и D**

Коэффициент	В		С		D	
	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С этанолом
μ	0,008	0,005	0,217	0,313	6,796	6,398
σ^2	0,00005	0,00002	0,022	0,045	2,773	2,901
n	57	11	11	57	57	11
df	21		19		14	
t	1,959		1,796		0,714	
t (α)	2,414		2,433		2,509	

Сравнение расчетных значений t-критерия и Q-Данна с их критическими величинами объективно подтверждает, что этанолэмия не оказывает влияния на значения коэффициентов полиномиального уравнения, описывающего изменение КДЭ кожного покрова трупа при его пребывании в воде температурой 15-24°C.

3.4.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.

Как нами уже указывалось выше, визуальная оценка средних значений коэффициентов в сравниваемых группах, соотнесенных со стандартной ошибкой, может наглядно показать наличие разницы в выборках, однако обнаруживаемые отличия могут быть случайными, так как расчет производится по ряду данных с ограниченным количеством случаев. При проецировании на генеральную совокупность, различий, выявляемых в выборках, может не быть.

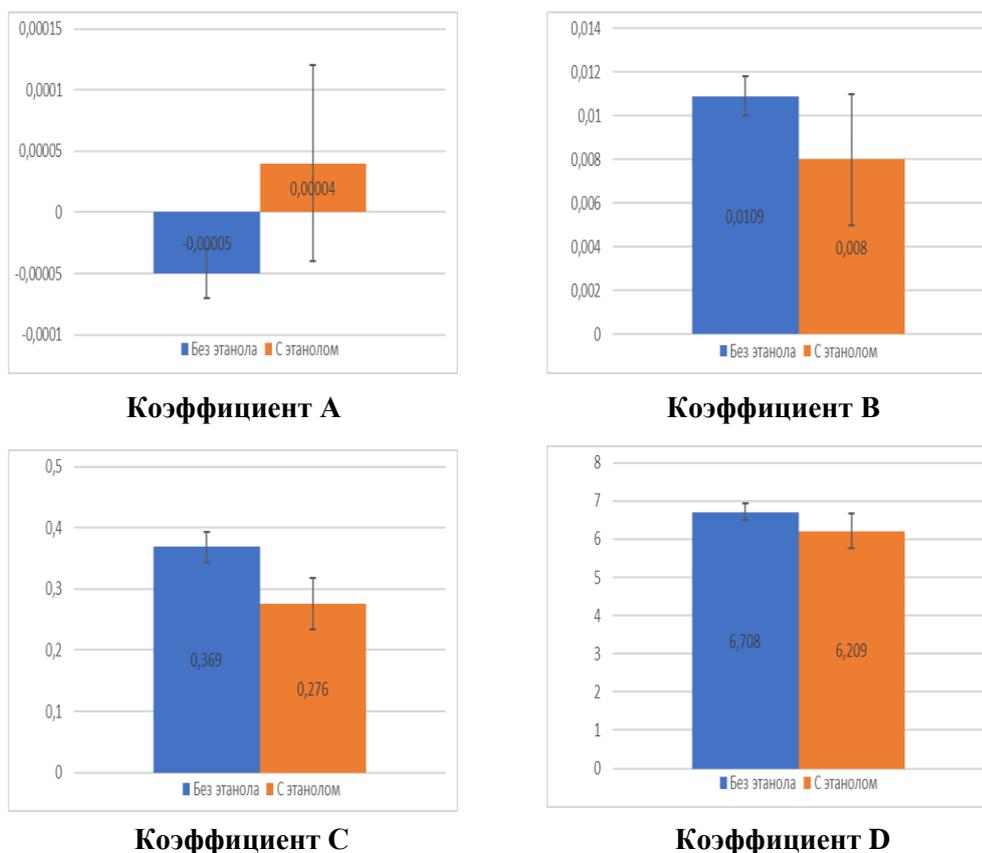


Рисунок 3.10. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах с этанолом и без этанола

На рисунке 3.10 можно видеть, что все коэффициенты в группах отличаются и некоторые значительно.

Для достоверного сравнения μ коэффициентов полиномиальных уравнений в выделенных группах выполним парный анализ, но сначала определим типы распределения данных всех коэффициентов в сравниваемых группах с помощью расчета значений E_k и A_s (Таблицы 3.60-3.63).

Таблица 3.60

**Параметры распределения коэффициента А
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	-0,00005	0,00004
S_x	0,00002	0,00008
σ	0,0001	0,0003
E_k	5,064	9,054
A_s	1,658	2,864

Таблица 3.61

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,0109	0,008
S_x	0,0009	0,003
σ	0,007	0,009
E_k	0,01	2,589
A_s	0,7	1,684

Таблица 3.62

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,369	0,276
S_x	0,025	0,042
σ	0,19	0,139
E_k	1,117	-1,299
A_s	0,481	0,471

Таблица 3.63

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	6,708	6,209
S_x	0,227	0,449
σ	1,711	1,492
E_k	5,103	-1,035
A_s	1,599	-0,141

Данные в обеих выборках коэффициента А, а также выборках «с этанолом» коэффициента В и «без этанола» коэффициента D распределены не по колоколообразной кривой (распределение Гаусса), значит для парного сравнения указанных коэффициентов необходимо использовать непараметрический метод статистического анализа (Таблица 3.64).

Таблица 3.64

**Парное сравнение групп
для коэффициентов А, В и D**

Коэффициент	А		В		D	
	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С этанолом
Значение среднего ранга	32,649	44,091	36,219	25,591	35,088	31,455
$Q_{\text{расчет}}$	-1,757		1,632		0,558	
$Q_{\text{крит}}$	1,960					

Для обработки коэффициента С, выборки которого соответствуют нормальному распределению, будет использован модифицированный t-критерий с применением поправки Бонферрони, то есть для уровня значимости 0,025.

Сравнив полученные значения Q-критерия и t-критерия с критическими, приходим к выводу, что все коэффициенты уравнений, описывающих изменение КДЭ кожного покрова трупа, находящегося в воде температурой 25-30°C, в динамике не зависят от факта этанолэмии (Таблица 3.65).

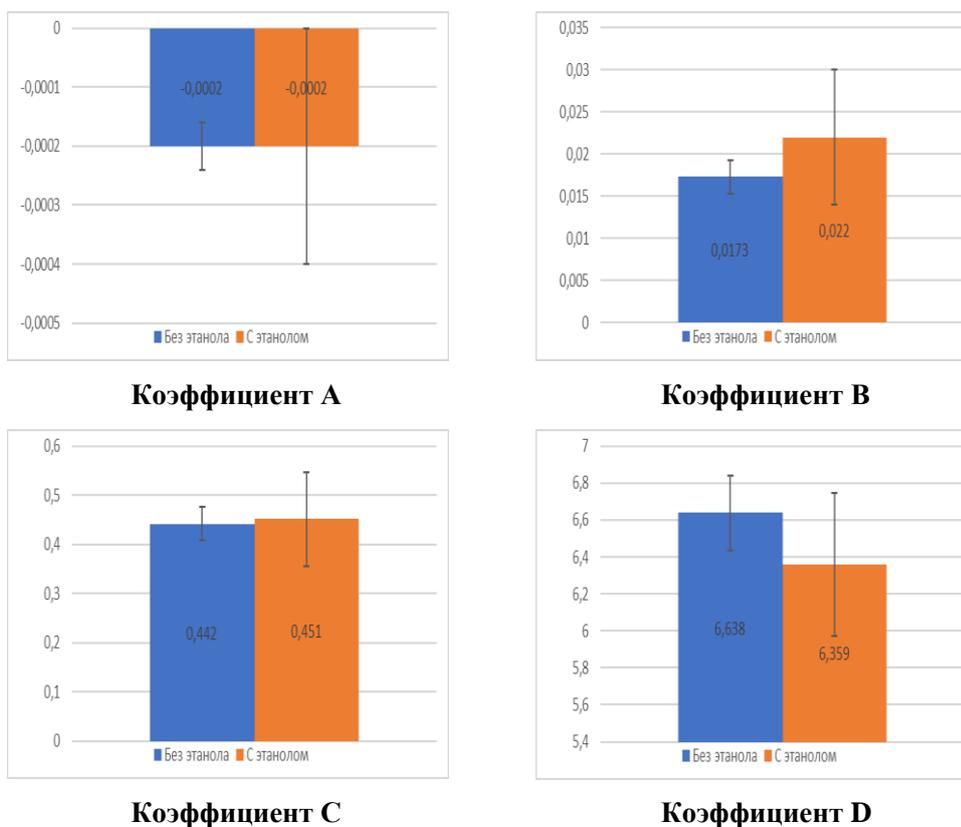
Таблица 3.65

**Парное сравнение групп
для коэффициента С**

Коэффициент	С	
	Без этанола	С этанолом
μ	0,369	0,276
σ^2	0,0364	0,019
n	57	11
df	18	
t	1,913	
t (α)	2,445	

3.4.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.

Аналогично предыдущим расчетам первоначально сравним средние значения коэффициентов в группах (Рисунок 3.11).



**Рисунок 3.11. Сравнение μ коэффициентов уравнений
в группах с этанолом и без этанола**

Значения средних величин коэффициента А в обеих группах одинаковы, незначительно отличаются коэффициенты С, при этом значения коэффициентов В и D в сравниваемых группах имеют резко выраженную разницу.

Для достоверного определения различий между коэффициентами в сравниваемых группах необходимо провести сравнительный анализ с применением соответствующего типу распределения данных метода.

В таблицах 3.66-3.69 приведены результаты характеристики типа распределения коэффициентов в выборках каждой сравниваемой группы.

Таблица 3.66

**Параметры распределения коэффициента А
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	-0,0002	-0,0002
S_x	0,00004	0,0002
σ	0,0003	0,0005
E_k	8,375	4,926
As	-2,448	-1,672

Таблица 3.67

**Параметры распределения коэффициента В
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,0173	0,022
S_x	0,002	0,008
σ	0,017	0,027
E_k	3,451	6,235
As	1,745	2,351

Таблица 3.68

**Параметры распределения коэффициента С
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	0,442	0,451
S_x	0,034	0,095
σ	0,256	0,314
E_k	0,689	3,226
As	0,722	1,735

Таблица 3.69

**Параметры распределения коэффициента D
в двух группах (без этанола/с этанолом)**

	Без этанола	С этанолом
μ	6,638	6,359
S_x	0,202	0,388
σ	1,524	1,288
E_k	1,826	-0,679
A_s	1,189	0,229

Данные в выборках обеих групп коэффициентов А, В и группе «с этанолом» коэффициента С не подчиняются закону нормального распределения, поэтому для сравнительного анализа будет использован непараметрический метод расчета Q - Данна (Таблица 3.70).

Таблица 3.70

**Парное сравнение групп
для коэффициентов А, В и С**

Коэффициент	А		В		С	
	Без этанола	С этанолом	Без этанола	С этанолом	Без Этанолола	С этанолом
Значение среднего ранга	34,395	35,045	34,237	35,864	34,904	32,409
$Q_{\text{расчет}}$	-0,099		-0,249		0,383	
$Q_{\text{крит}}$	1,960					

Так как в обеих сравниваемых группах коэффициент D имеет нормальное распределение, на что указывают значения асимметричности и эксцесса, использован модифицированный t-критерий (Таблица 3.71).

Из представленных таблиц 3.70-3.71 следует, что динамика изменения величины КДЭ при пребывании исследуемых объектов в воде температуры 31-40°C не зависит от факта этанолемии у трупа, что подтверждается результатами проведенных парных сравнений.

Таблица 3.71

**Парное сравнение групп
для коэффициента D**

Коэффициент	D	
	Без этанола	С этанолом
μ	6,638	6,359
σ^2	2,322	1,659
n	57	11
<i>df</i>	16	
t	0,638	
t (α)	2,473	

* * *

Таким образом, использованием статистических методов парного сравнения групп нами доказано, что наличие этилового спирта в крови умершего не влияет на динамику изменения КДЭ его кожного покрова, контактирующего с пресной водой любой температуры.

3.5. Зависимость динамики изменения КДЭ кожного покрова от механизма умирания человека.

Механизм умирания человека безусловно влияет на биохимические параметры организма, в том числе и на водно-электролитный состав кожи трупа (Богомолов Д.В., Богомолова И.Н., Кульбицкий Б.Н., 2012). Поэтому ни одна научная работа не обходится без проверки зависимости между вариантом танатогенеза и значениями физических параметров исследуемой биологической среды.

Как и ранее в данной работе, при проверке влияния варианта танатогенеза на значения коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи трупа в воде, мы разделили все данные на группы по температурным условиям воздействия пресной воды на объект.

3.5.1. Пребывание объектов в воде температурой 1-2°C.

На рисунке 3.12 изображены средние значения каждого коэффициента в различных группах.

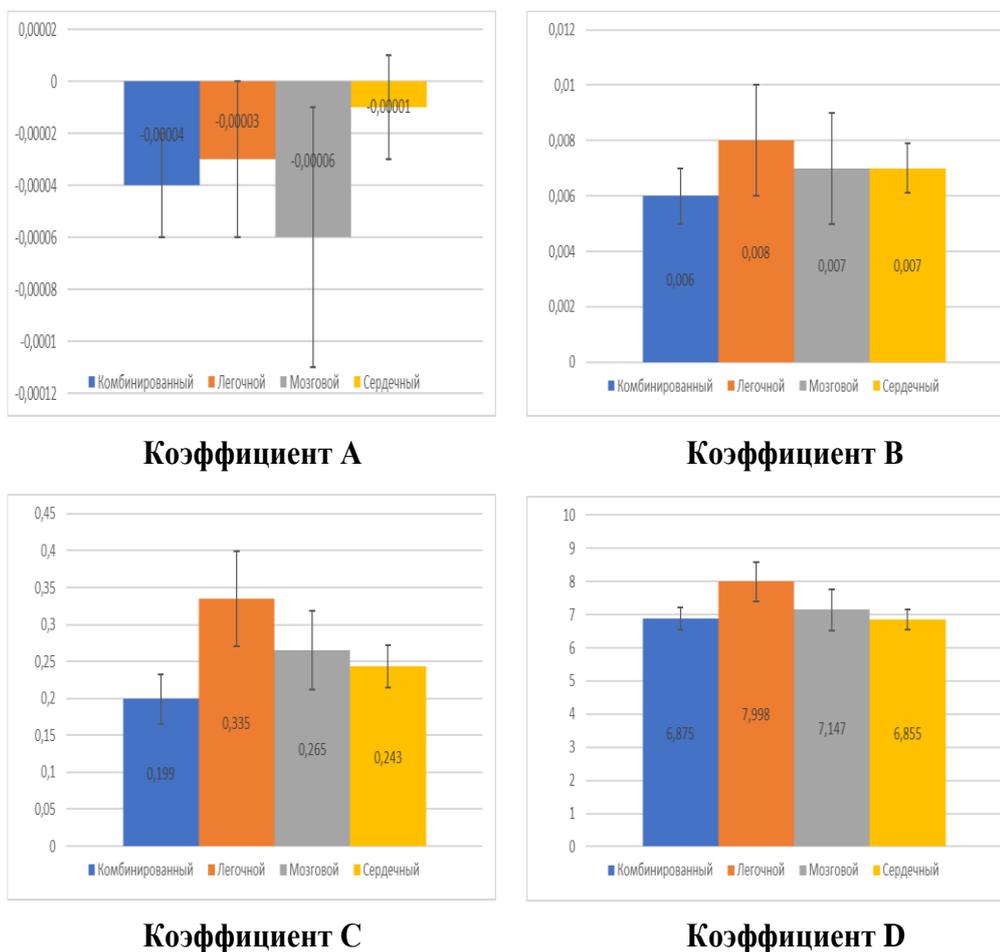


Рисунок 3.12. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах различного танатогенеза

Как было указано нами в Главе 2 настоящей работы, для получения достоверного результата статистического анализа необходимо оценить тип распределения данных в сравниваемых выборках.

В таблицах 3.72-3.75 приведены характеристики распределения данных в выборках всех коэффициентов уравнения по всем вариантам танатогенеза (цветом выделены значения, превышающие [2]).

При оценке распределения коэффициента А в группах выявлено, что значения эксцесса в выборках Мозгового и Сердечного типов танатогенеза

больше $|2|$, следовательно, тип распределения данных в указанных группах отличается от нормального (Таблица 3.72).

Таблица 3.72

**Параметры распределения коэффициента А
в четырех группах**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,00004	-0,00003	-0,00006	-0,00001
S_x	0,00002	0,00003	0,00005	0,00002
σ	0,00008	0,00009	0,0001	0,00009
E_k	0,294	-0,199	2,339	2,345
As	0,578	-0,567	-1,308	0,888

Таблица 3.73

**Параметры распределения коэффициента В
в четырех группах**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,006	0,008	0,007	0,007
S_x	0,001	0,002	0,002	0,0009
σ	0,005	0,006	0,005	0,005
E_k	1,616	-0,225	0,161	-0,633
As	1,323	0,532	0,883	0,698

Значения эксцесса и асимметричности во всех группах меньше $|2|$, значит распределения коэффициента В в выборках характеризуются нормальным типом (Таблица 3.73).

Таблица 3.74

**Параметры распределения коэффициента С
в четырех группах**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,199	0,335	0,265	0,243
S_x	0,033	0,064	0,053	0,029
σ	0,132	0,223	0,139	0,164
E_k	-1,199	-0,573	-1,221	-0,523
As	0,13	0,207	-0,637	0,569

При оценке закона распределения данных коэффициента C во всех группах выявлен нормальный тип распределения (Рисунок 3.74).

Таблица 3.75

**Параметры распределения коэффициента D
в четырех группах**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	6,875	7,998	7,147	6,855
S_x	0,325	0,596	0,618	0,304
σ	1,301	2,066	1,635	1,745
E_k	-0,883	2,482	-1,228	-0,646
As	0,192	1,359	0,511	0,567

При оценке распределений коэффициента D в группах выявлено, что распределение легочного типа танатогенеза отличается от нормального (Рисунок 3.75).

Далее с учетом полученных данных произведен анализ влияния танатогенеза на величину коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи трупа в воде температурой 1-2°C.

В связи с тем, что в некоторых группах коэффициентов A и D отсутствует нормальное распределение, для определения зависимости значений указанных коэффициентов от типа танатогенеза использовался расчет Q -критерия (Данна) (Таблицы 3.76, 3.77).

Таблица 3.76

**Парное сравнение коэффициента A
при различных вариантах танатогенеза (Q -критерий Данна)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	2,051	-	-
Мозговой	2,074	0,361	-
Сердечный	2,516	-0,050	0,417

В обеих таблицах 3.76-3.77 расчетные значения Q -критерия (Данна) меньше критического значения, следовательно, значения коэффициентов A и D в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании

исследуемых объектов в воде температурой 1-2°C, не зависят от варианта танатогенеза.

Таблица 3.77

**Парное сравнение коэффициента D
при различных вариантах танатогенеза (Q-критерий Данна)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-1,493	-	-
Мозговой	-0,319	0,979	-
Сердечный	0,119	1,798	-0,435

Распределения данных во всех группах вариантов танатогенеза коэффициентов В и С характеризуются нормальным типом распределения, следовательно, для статистического парного сравнительного анализа использовался параметрический метод – модифицированный t-критерий с применением поправки Бонферрони (Таблицы 3.78, 3.79).

Таблица 3.78

**Парное сравнение коэффициента В
при различных вариантах танатогенеза (t-критерий)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-1,151	-	-
Мозговой	-0,687	0,414	-
Сердечный	-0,616	0,787	0,279

Таблица 3.79

**Парное сравнение коэффициента С
при различных вариантах танатогенеза (t-критерий)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-1,883	-	-
Мозговой	-1,065	0,844	-
Сердечный	-1,017	1,303	0,361

Полученные значения t-критерия меньше критических, следовательно, значения коэффициентов В и С в уравнениях, описывающих изменение КДЭ

кожи трупа при пребывании исследуемых объектов в воде температурой 1-2°C, не зависят от варианта танатогенеза.

3.5.2. Пребывание объектов в воде температурой 3-14°C.

На рисунке 3.13 изображены средние значения всех коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих динамику КДЭ кожи.

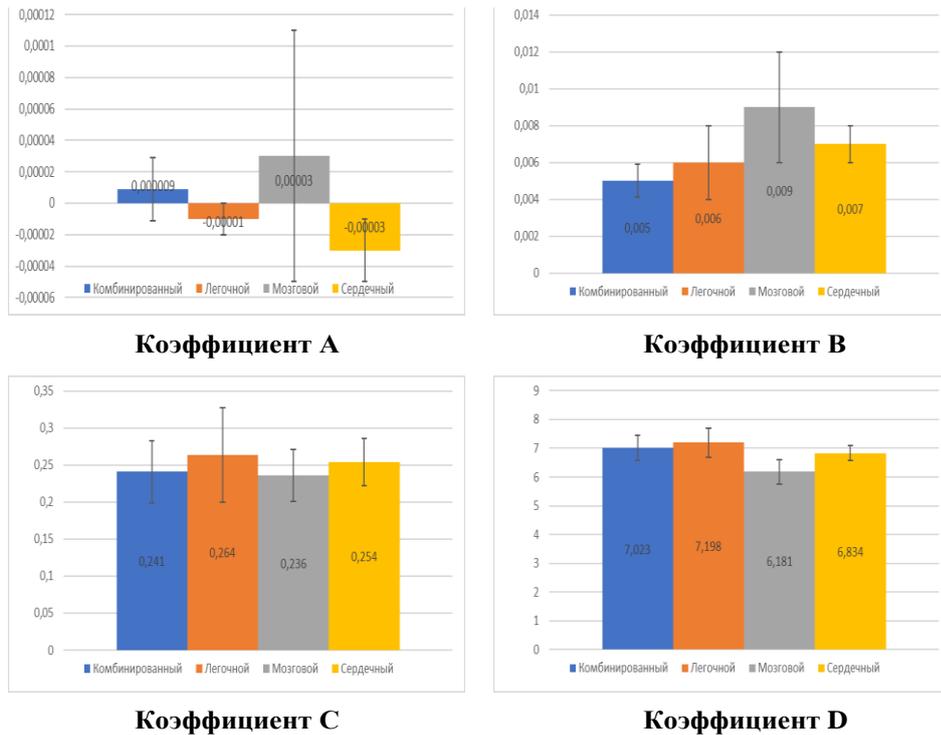


Рисунок 3.13. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах различного танатогенеза

Средние значения коэффициентов в группах отличаются, но проверить статистическую значимость данных отличий можно используя множественный парный сравнительный анализ, на выбор которого влияет наличие правильности распределения данных в сформированных на основании варианта танатогенеза группах.

В таблицах 3.80-3.81 приведены результаты расчетов параметров, характеризующих типы распределения коэффициентов А и В в сравниваемых группах. При оценке распределения коэффициента А в группах выявлено, что распределения в группах легочного и мозгового типов танатогенеза отличаются от нормального (Таблица 3.80).

Таблица 3.80

**Параметры распределения коэффициента А
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,000009	-0,00001	0,00003	-0,00003
S_x	0,00002	0,00001	0,00008	0,00002
σ	0,00006	0,00004	0,0002	0,0001
E_k	-0,769	2,945	6,219	0,997
As	-0,174	-0,171	2,443	-0,643

Таблица 3.81

**Параметры распределения коэффициента В
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,005	0,006	0,009	0,007
S_x	0,0009	0,002	0,003	0,001
σ	0,004	0,005	0,009	0,006
E_k	-0,113	2,388	2,182	1,318
As	0,777	1,570	1,517	1,205

Распределения коэффициента В в группах легочного и мозгового типов танатогенеза также отличаются от нормального, на что указывает полученное значение эксцесса, превышающего |2| (Таблица 3.81).

Таблица 3.82

**Параметры распределения коэффициента С
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,241	0,264	0,236	0,254
S_x	0,0419	0,0638	0,035	0,032
σ	0,167	0,221	0,093	0,183
E_k	-0,249	-0,058	-0,378	0,889
As	0,500	0,334	0,555	1,062

В таблицах 3.82-3.83 указаны результаты расчетов параметров, характеризующих типы распределения коэффициентов С и D в сравниваемых группах, сформированных на основании типа танатогенеза.

Таблица 3.83

**Параметры распределения коэффициента D
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	7,023	7,198	6,181	6,834
S_x	0,436	0,501	0,429	0,256
σ	1,743	1,737	1,138	1,468
E_k	0,779	-0,546	-0,334	-0,311
As	1,211	-0,150	0,357	0,282

При оценке распределений коэффициентов С и D в группах выявлено, что распределение данных в выборках всех типов танатогенеза характеризуется нормальным типом.

Учитывая результаты, полученные при оценке типов распределения данных в выборках коэффициентов А и В, для их множественного сравнительного анализа нами был выбран непараметрический ранговый парный сравнительный анализ (Таблицы 3.84, 3.85).

Таблица 3.84

**Парное сравнение коэффициента А
при различных вариантах танатогенеза (Q-критерий Данна)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	1,019	-	-
Мозговой	1,418	0,584	-
Сердечный	1,407	0,117	0,514

Таблица 3.85

**Парное сравнение коэффициента В
при различных вариантах танатогенеза (Q-критерий Данна)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,039	-	-
Мозговой	-0,619	-0,613	-
Сердечный	-0,514	-0,420	-0,299

Полученные в результате сравнительного анализа значения Q-критерия (Данна) меньше критического для 4-х групп, следовательно, значения коэффициентов А и В в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании в воде температурой 3-14°C, не зависят от варианта танатогенеза.

Учитывая, что во всех сравниваемых группах коэффициенты С и D имеют нормальный тип распределения, для множественного сравнения групп нами был – модифицированный t-критерий с применением поправки Бонферрони (уровень значимости 0,01) (Таблицы 3.86, 3.87).

Таблица 3.86

**Парное сравнение коэффициента С
при различных вариантах танатогенеза (t-критерий)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,312	-	-
Мозговой	0,085	0,391	-
Сердечный	-0,249	0,149	-0,375

Таблица 3.87

**Парное сравнение коэффициента D
при различных вариантах танатогенеза (t-критерий)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,264	-	-
Мозговой	1,375	1,539	-
Сердечный	0,373	0,647	-1,306

Полученные значения t-критерия в обеих таблицах меньше критических, следовательно, значения коэффициентов С и D в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании исследуемого объекта в воде температурой 3-14°C, не зависят от варианта танатогенеза.

3.5.3. Пребывание объектов в воде температурой 15-24°C.

На рисунке 3.14 изображены средние значения коэффициентов в уравнениях, описывающих изменения КДЭ кожи в воде температурой 15-24°C. При визуальном сравнении значений коэффициентов обращает внимание их значительные отличия в группах разных вариантов наступления смерти.

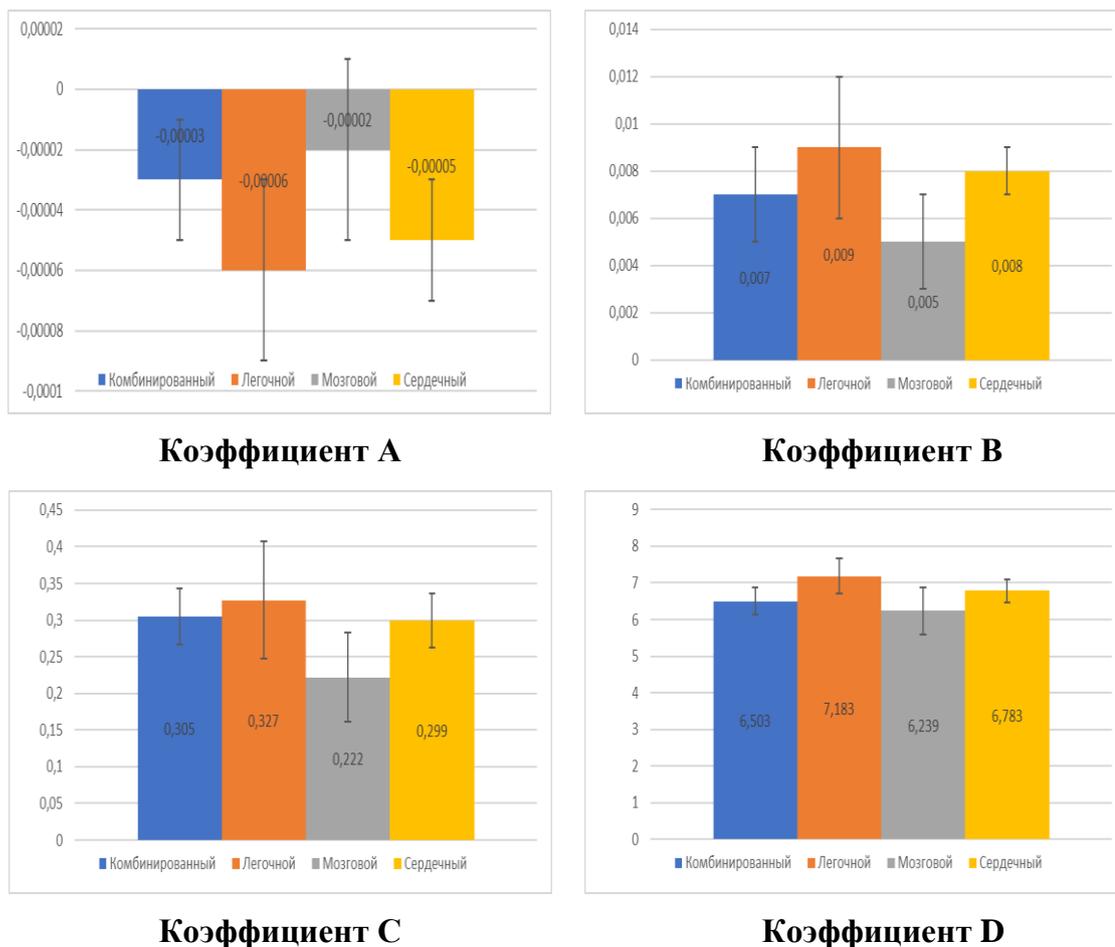


Рисунок 3.14. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах различного танатогенеза

В таблицах 3.88-3.91 приведены результаты оценки распределения данных в группах по каждому из коэффициентов уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи трупа, находящегося в воде температурой 15-24°C.

Таблица 3.88

Параметры распределения коэффициента А в четырех группах танатогенеза

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	-0,00003	-0,00006	-0,00002	-0,00005
S_x	0,00002	0,00003	0,00003	0,00002
σ	0,00009	0,0001	0,00009	0,00009
E_k	4,588	6,366	3,29534	0,119
As	-0,491	-2,329	-1,630	-0,746

Таблица 3.89

**Параметры распределения коэффициента В
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,007	0,009	0,005	0,008
S_x	0,2	0,003	0,002	0,001
σ	0,006	0,009	0,005	0,007
E_k	5,006	2,931	2,492	0,319
A_s	1,989	1,507	1,479	1,064

При оценке распределений коэффициентов А и В в группах выявлено, что распределение комбинированного, легочного и мозгового типов танатогенеза отличаются от нормального, а распределение данных в группе сердечного типа характеризуется нормальным типом (Таблицы 3.88-3.89).

Таблица 3.90

**Параметры распределения коэффициента С
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,305	0,327	0,222	0,299
S_x	0,0378	0,080	0,061	0,037
σ	0,151	0,278	0,162	0,212
E_k	5,446	1,682	-1,172	-0,215
A_s	1,919	0,602	0,349	0,697

Из таблицы 3.90 следует, что распределение коэффициента С в группе комбинированного типа танатогенеза отличается от нормального.

Таблица 3.91

**Параметры распределения коэффициента D
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	6,503	7,183	6,239	6,783
S_x	0,3718	0,483	0,644	0,307
σ	1,487	1,674	1,704	1,761
E_k	-0,135	0,019	-1,256	1,069
A_s	0,868	0,884	0,621	0,778

При оценке распределений коэффициента D в группах выявлено, что распределение данных во всех изученных группах соответствует распределению Гаусса (нормальный тип) (Таблица 3.91).

Для множественного парного сравнительного анализа коэффициентов А, В и С, учитывая наличие групп с отличным от нормального распределением данных, использован непараметрический ранговый парный сравнительный анализ (Таблицы 3.92-3.94).

Таблица 3.92

**Парное сравнение коэффициента А
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{расчет}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	0,226	-	-
Мозговой	-0,729	-0,960	-
Сердечный	0,213	-0,064	0,949

Таблица 3.93

**Парное сравнение коэффициента В
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{расчет}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	0,153	-	-
Мозговой	0,775	0,674	-
Сердечный	-0,089	-0,255	-0,909

Таблица 3.94

**Парное сравнение коэффициента С
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{расчет}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,177	-	-
Мозговой	0,996	1,196	-
Сердечный	0,450	0,607	-0,755

Все полученные значения $Q_{расчет}$ меньше критического, следовательно, значения коэффициентов А, В и С в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании исследуемых объектов в воде температурой 15-24°C, не зависят от варианта танатогенеза.

В связи с тем, что во всех группах танатогенеза данные коэффициента D распределены по нормальному закону, для множественного парного сравнительного анализа использовался параметрический метод множественного сравнения – модифицированный t-критерий с применением поправки Бонферрони, рассчитанной для 4-х сравниваемых групп (Таблица 3.95).

Таблица 3.95

**Парное сравнение коэффициента D
при различных вариантах танатогенеза (t Уэлча)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-1,115	-	-
Мозговой	0,355	1,172	-
Сердечный	-0,580	0,699	-0,762

Полученные значения t-критерия меньше критических, следовательно, вариант танатогенез не оказывает влияния на значение коэффициента D в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании исследуемого объекта в воде температурой 15-24°C.

3.5.4. Пребывание объектов в воде температурой 25-30°C.

На рисунке 3.15 изображены средние значения каждой из сформированных групп каждого коэффициента уравнений.

Визуально можно отметить равенство μ для коэффициента B выделенных групп. При этом полное совпадение его по абсолютной величине во всех группах варианта танатогенеза позволяет уверенно утверждать, что и в ходе последующего статистического исследования различий между группами получено не будет. Однако для других коэффициентов (A, C, D) различия визуализируются, что требует проведения в их отношении сравнительного парного межгруппового анализа (Глава 2).

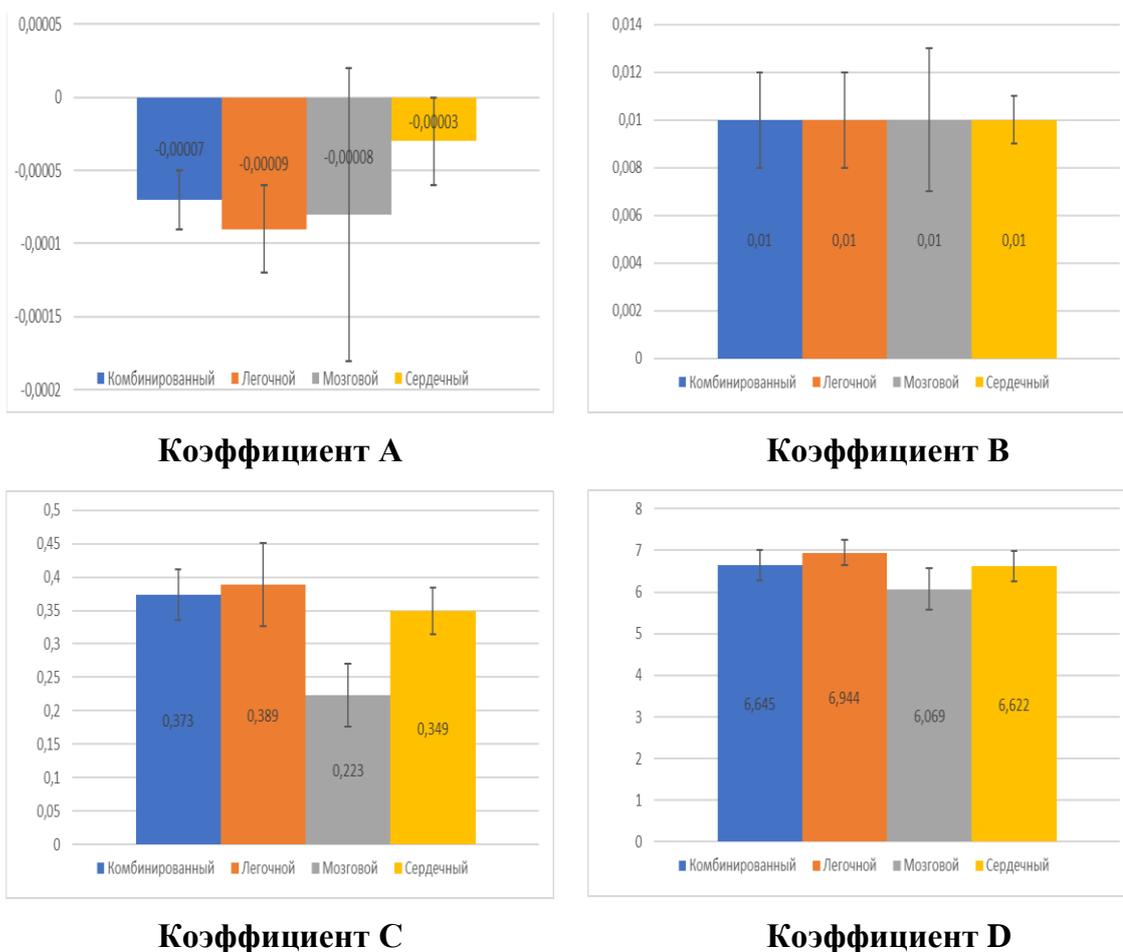


Рисунок 3.15. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах танатогенеза

Понимание типа распределения данных в выборках позволит избежать ошибочного выбора метода статистической обработки данных (Таблицы 3.96-3.99).

Таблица 3.96

Параметры распределения коэффицента А в четырех группах танатогенеза

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	-0,00007	-0,00009	-0,00008	-0,00003
S_x	0,00002	0,00003	0,0001	0,00003
σ	0,00008	0,00009	0,0003	0,0002
E_k	-0,002	-1,851	6,193	3,112
As	-0,112	-0,218	2,450	1,390

При оценке распределения коэффициента А в группах выявлено, что распределение мозгового и сердечного типов танатогенеза отличаются от нормального, при этом данные в группах комбинированного и легочного типа танатогенеза имеют нормальное распределение.

Таблица 3.97

**Параметры распределения коэффициента В
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,01	0,01	0,01	0,01
S_x	0,002	0,002	0,003	0,001
σ	0,006	0,008	0,009	0,008
E_k	-0,559	-0,682	3,998	0,111
A_s	0,745	-0,066	1,887	0,854

Из таблицы 3.97 следует, что коэффициент В в группах комбинированного, легочного и сердечного типов танатогенеза распределен по нормальному типу, при этом значение эксцесса в группе мозгового типа танатогенеза указывает на отличие распределения данных от нормального закона.

При оценке распределений коэффициента С выявлено, что данные во всех группах вариантов танатогенеза распределены по нормальному типу (Таблица 3.98).

Таблица 3.98

**Параметры распределения коэффициента С
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,373	0,389	0,223	0,349
S_x	0,038	0,062	0,047	0,035
σ	0,150	0,216	0,125	0,203
E_k	-0,550	1,837	-1,618	1,484
A_s	0,565	-0,830	-0,335	1,010

В группах комбинированного, легочного и мозгового типов танатогенеза значения коэффициента D имеют тип распределения данных, соответствующий закону Гаусса (нормальное распределение), тогда как значения этого коэффициента в группе сердечного типа танатогенеза существенно отличается от него (Таблица 3.99).

Таблица 3.99

**Параметры распределения коэффициента D
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	6,645	6,944	6,069	6,622
S_x	0,358	0,308	0,502	0,353
σ	1,432	1,066	1,329	2,026
E_k	-0,889	-1,515	1,594	4,825
As	-0,233	0,146	0,385	1,804

Учитывая, что часть сравниваемых групп в коэффициентах A, B и D имеют распределение отличное от нормального, для множественного сравнительного анализа использован расчет Q-критерия (Таблицы 3.100-3.102).

Таблица 3.100

**Парное сравнение коэффициента A
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	0,303	-	-
Мозговой	-1,142	-1,459	-
Сердечный	-0,762	-1,032	0,686

Таблица 3.101

**Парное сравнение коэффициента B
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,479	-	-
Мозговой	0,325	0,761	-
Сердечный	-0,279	0,289	-0,559

Таблица 3.102

**Парное сравнение коэффициента D
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,441	-	-
Мозговой	1,159	1,599	-
Сердечный	0,776	1,201	-0,695

Все полученные значения Q-Данна меньше критического, следовательно, значения коэффициентов А, В и D в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании исследуемых объектов в воде температурой 25-30°C, не зависит от варианта танатогенеза.

Для статистической обработки данных коэффициента С, которые распределены по нормальному закону во всех сравниваемых группах, выбран параметрический метод сравнения – модифицированный t-критерий для уровня значимости 0,01 (Таблица 3.103).

Таблица 3.103

**Парное сравнение коэффициента С
при различных вариантах танатогенеза (t-критерий)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,234	-	-
Мозговой	2,482	2,133	-
Сердечный	0,469	0,575	-2,126

Полученные значения t-критерия меньше критических, следовательно, значение коэффициента С в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при пребывании исследуемых объектов в воде температурой 25-30°C, не зависит от варианта танатогенеза.

3.5.5. Пребывание объектов в воде температурой 31-40°C.

На рисунке 3.16 изображены средние значения групп каждого из коэффициентов с указанием стандартной ошибки.

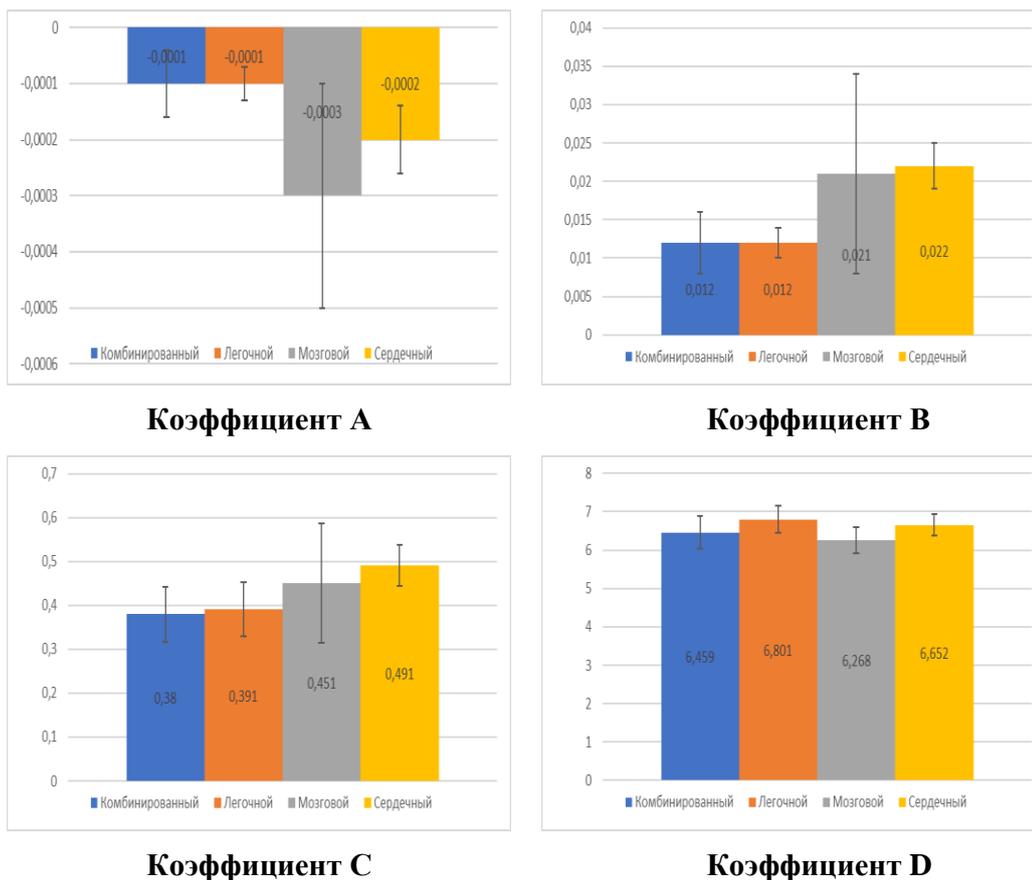


Рисунок 3.16. Сравнение μ коэффициентов уравнений в группах танатогенеза

Зная значения средних величин, эксцесса и асимметричности в рядах данных каждой из выборок, можно с уверенностью выбрать правильный метод для дальнейшей статистической обработки.

В таблицах 3.104-3.107 приведены результаты описательной статистики для выборок коэффициентов А, В, С и D в четырех группах сравнения.

Таблица 3.104

Параметры распределения коэффициента А в четырех группах танатогенеза

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	-0,0001	-0,0001	-0,0003	-0,0002
S_x	0,00006	0,00003	0,0002	0,00006
σ	0,0002	0,0001	0,0006	0,0004
E_k	8,576	-1,381	6,635	4,584
As	-2,786	-0,323	-2,557	-1,229

Таблица 3.105

**Параметры распределения коэффициента В
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,012	0,012	0,021	0,022
S_x	0,004	0,002	0,013	0,003
σ	0,014	0,008	0,034	0,018
E_k	2,456	0,543	6,409	2,014
As	1,690	0,293	2,498	1,381

Таблица 3.106

**Параметры распределения коэффициента С
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	0,380	0,391	0,451	0,491
S_x	0,063	0,062	0,136	0,046
σ	0,250	0,214	0,359	0,266
E_k	3,579	3,206	5,296	-0,291
As	1,629	-0,893	2,199	0,571

При оценке распределения данных коэффициентов А, В и С в сформированных группах выявлены значительные отличия от нормального закона (Таблицы 3.104-3.106).

Таблица 3.107

**Параметры распределения коэффициента D
в четырех группах танатогенеза**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой	Сердечный
μ	6,459	6,801	6,268	6,652
S_x	0,424	0,357	0,342	0,277
σ	1,695	1,238	0,904	1,589
E_k	2,759	0,061	-0,742	1,625
As	1,171	0,531	0,662	1,232

Распределение коэффициента D в группе комбинированного типа танатогенеза также отличается от нормального (Таблица 3.107).

Учитывая, что в некоторых группах всех коэффициентов полиномиальных уравнений распределения данных не подчиняются закону Гаусса, для парного сравнительного анализа использован непараметрический метод – расчет Q-Данна с дальнейшим сравнением полученных значений с табличным (Таблицы 3.108-3.111).

Таблица 3.108

**Парное сравнение коэффициента А
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	0,646	-	-
Мозговой	0,552	0,008	-
Сердечный	1,883	0,971	0,778

Таблица 3.109

**Парное сравнение коэффициента В
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,531	-	
Мозговой	-0,329	0,123	-
Сердечный	-2,423	-1,588	-1,415

Таблица 3.110

**Парное сравнение коэффициента С
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,814	-	
Мозговой	-0,326	0,376	-
Сердечный	-1,771	-0,679	-0,942

Таблица 3.111

**Парное сравнение коэффициента D
при различных вариантах танатогенеза ($Q_{\text{расчет}}$)**

Варианты танатогенеза	Комбинированный	Легочной	Мозговой
Легочной	-0,784	-	
Мозговой	0,303	1,006	-
Сердечный	-0,252	0,660	-0,514

Из приведенных выше расчетов следует, что коэффициенты полиномиальных уравнений, описывающих изменение КДЭ кожи умершего человека, находящегося в воде температурой 31-40°C, не зависят от варианта танатогенеза.

* * *

Таким образом, параметрическим и непараметрическим методами множественного сравнительного анализа данных доказано, что механизм наступления смерти, а, следовательно, причина её наступления, не влияют на динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа при его пребывании в воде любой температуры.

3.6. Определение влияния температуры воды на динамику изменения КДЭ кожного покрова.

Для определения влияния температуры воды на динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа при длительном воздействии на него пресной воды изначально от каждого трупа изымалось пять кожных лоскутов, которые помещались в ёмкости, содержащие воду определенной температуры (более подробно описано в Главе 2).

В таблице 3.112 продемонстрированы выделенные нами температурные группы и количество исследованных объектов.

Таблица 3.112

Распределение объектов по группам

Температура воды	1-2°C	3-14°C	15-24°C	25-30°C	31-40°C
Количество объектов	68	68	68	68	68

В связи с большим количеством групп, подлежащих парному сравнению, для выборок коэффициентов, имеющих нормальное распределение, был применен метод сравнения средних величин по критерию Ньюмена-Кейлса,

тогда как при отсутствии нормального распределения – Q-критерий Данна. Критическое значение Q для парного сравнения 5 групп с уровнем значимости 0,05 в соответствии с таблицей равно 2,807 (Гланц С., 1999).

3.6.1. Определение влияния температуры воды на коэффициент А полиномиальных уравнений.

Для правильного выбора метода статистической обработки данных, как это указано выше, необходимо проверить правильность распределения данных в выборках коэффициента А в сформированных группах (Таблица 3.113).

Таблица 3.113

Параметры распределения коэффициента А при разных температурах водной среды

$t_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30	30-40
μ	-7E-06	-1E-05	-5E-05	-4E-05	-2E-04
S_x	1E-05	1E-05	1E-05	2E-05	4E-05
σ	1E-04	1E-04	1E-04	2E-04	3E-04
E_k	1E-08	1E-08	1E-08	3E-08	1E-07
As	1,484	9,240	2,418	10,152	7,712
μ	0,062	1,376	-1,117	2,558	-2,221

В связи с тем, что распределение коэффициента А в группах 3-14 $^\circ\text{C}$, 15-24 $^\circ\text{C}$, 25-30 $^\circ\text{C}$ и 31-40 $^\circ\text{C}$ отличается от нормального (цветом выделены показатели эксцесса и асимметричности больше |2|), для множественного сравнения выборок коэффициента А был использован непараметрический метод – Q-критерий Данна (Таблица 3.114).

Таблица 3.114

Сравнение пар различных температурных условий

$t_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30
3-14	0,284			
15-24	1,665	1,381		
25-30	2,839	2,556	1,175	
31-40	5,094	4,810	3,429	2,254

В таблице 3.114 цветом выделены значения $Q_{\text{расчет}}$, указывающие на сравниваемые пары, статистически значимо отличающиеся друг от друга.

Парное сравнение групп показало, что коэффициент А в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа, находящегося в воде температурой 1-2°C, отличается от коэффициента А в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа, находящегося в воде температурой 25-30°C и 31-40°C, при этом группа 31-40°C имеет значимые отличия от всех температурных режимов, кроме группы 25-30°C.

3.6.2. Определение влияния температуры воды на коэффициент В полиномиальных уравнений.

С целью правильного выбора метода множественного парного сравнительного статистического анализа необходимо оценить тип распределения данных коэффициента В в каждой из температурных групп (Таблица 3.115).

Таблица 3.115

Параметры распределения коэффициента В при разных температурах водной среды

$t_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30	31-40
μ	0,007	0,006	0,008	0,010	0,018
S_x	0,0006	0,0007	0,0009	0,0009	0,002
σ	0,005	0,006	0,007	0,008	0,018
E_k	0,00003	0,00003	0,00005	0,00006	0,0003
As	-0,221	2,037	2,045	0,049	5,363
μ	0,789	1,421	1,420	0,795	2,096

Распределение коэффициента В отличается от нормального в группах 3-14°C, 15-24°C и 31-40°C, следовательно, для множественного сравнения всех выборок, как и в предыдущий раз, необходимо использовать непараметрический Q-критерий Данна (таблица 3.116).

Таблица 3.116

Сравнение пар различных температурных условий

$t_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30
3-14	0,472	-	-	-
15-24	-0,355	-0,826	-	-
25-30	-2,807	-3,278	-2,452	-
31-40	-4,636	-5,108	-4,282	-1,829

По результатам проведенных расчетов можно заключить, что коэффициент В в уравнениях, описывающих изменение КДЭ кожи трупа при температуре 25-30 $^\circ\text{C}$, отличается от коэффициента В в уравнениях для температур 1-2 $^\circ\text{C}$ и 3-14 $^\circ\text{C}$, а в уравнениях для температуры воды 31-40 $^\circ\text{C}$ отличается от всех групп, за исключением группы с водой 25-30 $^\circ\text{C}$.

3.6.3. Определение влияния температуры воды на коэффициент С полиномиальных уравнений.

Аналогично предыдущим расчетам, первостепенной задачей является определение правильности распределения данных коэффициента С в группах (Таблица 3.117).

Таблица 3.117

Параметры распределения коэффициента С при разных температурах водной среды

$t_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30	31-40
μ	0,251	0,251	0,297	0,349	0,443
S_x	0,021	0,0214	0,025	0,023	0,032
σ	0,169	0,177	0,206	0,189	0,264
E_k	0,029	0,031	0,042	0,036	0,069
As	-0,141	0,509	1,057	0,963	1,035
μ	0,566	0,779	0,815	0,545	0,923

Распределение коэффициента C во всех группах характеризуется нормальным распределением, поэтому для множественного сравнительного анализа применен параметрический метод сравнения средних величин по критерию Ньюмена-Кейлса ($q_{\text{расчет}}$).

Полученное значение $q_{\text{расчет}}$ соотносится с его критической величиной ($q_{\text{крит}}$), значение которой зависит от числа степеней свободы (в нашем случае при сравнении 5-ти групп она равна 335) и величины интервала сравнения (в каждом парном сравнении рассчитывается отдельно и зависит от положения сравниваемых групп в упорядоченном ряду средних, расположенных по возрастанию).

Для того чтобы не загромождать работу большими по объему расчетами, в таблице 3.118 приведены рассчитанные значения q (цветом выделены статистически значимые различия).

Таблица 3.118

Сравнение пар различных температурных условий

$t_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30
3-14	0,018	-	-	-
15-24	1,868	1,886	-	-
25-30	3,943	3,961	2,075	-
31-40	7,772	7,791	5,905	3,829

Проведенные расчеты показали наличие отличий коэффициента C в группе 31-40 $^\circ\text{C}$ от такового во всех остальных группах и в группе 25-30 $^\circ\text{C}$ от групп 1-2 $^\circ\text{C}$ и 3-14 $^\circ\text{C}$.

3.6.4. Определение влияния температуры воды на коэффициент D полиномиальных уравнений.

Для выбора метода множественного сравнительного анализа рассчитаны значения эксцесса и асимметричности (Таблица 3.119).

Таблица 3.119

**Параметры распределения коэффициента D
при разных температурах водной среды**

$t_{\text{ВОДЫ}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30	31-40
μ	7,091	6,875	6,732	6,627	6,593
S_x	0,209	0,188	0,202	0,203	0,179
σ	1,720	1,548	1,665	1,678	1,483
E_k	2,959	2,396	2,773	2,815	2,199
As	0,852	-0,052	0,427	4,754	1,759
μ	0,812	0,546	0,749	1,434	1,119

Значение эксцесса в группе 25-30 $^\circ\text{C}$ значительно превышает [2], следовательно, данные коэффициента D в указанной группе распределены по типу, отличающемуся от нормального, поэтому, несмотря на правильность распределения данных коэффициента D в остальных температурных группах, для множественного сравнения выборок целесообразно использовать непараметрический метод расчета – вычисление Q-критерия Данна (Таблица 3.120).

Таблица 3.120

Сравнение пар различных температурных условий

$t_{\text{ВОДЫ}}, ^\circ\text{C}$	1-2	3-14	15-24	25-30
3-14	0,592	-	-	-
15-24	1,289	0,697	-	-
25-30	1,593	1,001	0,304	-
31-40	1,742	1,149	0,453	0,149

Как показал сравнительный анализ, коэффициент D не имеет значимых отличий во всех группах, сформированных по принципу внешних температурных условий пребывания образца в пресной воде.

* * *

Таким образом, на основании проведенного анализа зависимости каждого из коэффициентов полиномиальных уравнений от температуры воды, в которой находился исследуемый образец, можно заключить следующее:

- значения коэффициента D не имеют статистических отличий в выборках всех температур;

- группы коэффициентов A , B и C при температурах $1-2^{\circ}\text{C}$, $3-14^{\circ}\text{C}$ и $15-24^{\circ}\text{C}$ не имеют между собой значимых различий, при этом они отличаются от групп температур $25-30^{\circ}\text{C}$ и $31-40^{\circ}\text{C}$, которые являются статистически отличными друг от друга.

Полученные результаты указали нам на необходимость создания одной общей группы с температурой от 1°C до 24°C , в последующем все исследования будут проводиться в укрупненной группе.

* * *

По результатам данной части проделанной работы автор имеет возможность подвести следующие итоги:

– произведено графическое и математическое (регрессионными уравнениями) описание динамики изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожи трупа при воздействии на нее пресной воды;

– установлено, что коэффициент дисперсии электропроводности кожи изменяется в процессе пребывания объекта в пресной воде, при этом данный процесс может быть математически формализован уравнением 3.1;

– при оценке зависимости динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа при воздействии на него пресной воды естественного водоема от комплекса учитываемых нами факторов, определено:

а) при анализе динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа паспортный возраст умершего человека можно не учитывать;

б) половая принадлежность умершего человека не изменяет динамику КДЭ его кожи при длительном воздействии на нее пресной воды;

в) наличие либо отсутствие в крови умершего этилового спирта не оказывает влияния на коэффициент дисперсии электропроводности кожи трупа и на динамику его изменения при пребывании объекта в пресной воде;

г) динамика изменения КДЭ объекта, длительно пребывающего в условиях воздействия на него пресной воды естественного водоема, не зависит от механизма наступления смерти человека;

д) температура пресной воды, в которой находился объект исследования, влияет на динамику изменения коэффициента дисперсии электропроводности кожи трупа, при этом выделены три температурные группы, имеющие статистические отличия: 1-24°C, 25-30°C и 31-40°C.

ГЛАВА 4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИСПЕРСИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ КОЖНОГО ПОКРОВА ТРУПА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ПРЭСНОЙ ВОДЕ

4.1. Изучение динамики изменения КДЭ кожного покрова трупа при его пребывании в воде определенной температуры.

С целью достижения задачи настоящего научного исследования, с учетом данных, полученных в Главе 3, весь изучаемый материал был распределен на группы согласно моделируемым внешним условиям пребывания объектов исследования в различных температурных режимах (Таблица 4.1).

Таблица 4.1

Распределение материала по группам

Исследовательская группа	Количество случаев
От 1°С до 24°С	204
От 25°С до 30°С	68
От 31°С до 40°С	68
Итого:	340

Для каждой группы с помощью программы Microsoft Excel построены графики, отражающие процесс изменения коэффициента дисперсии электропроводности (КДЭ) кожного покрова при длительном воздействии на него пресной воды (в течение 48 часов).

По оси ординат откладывались значения величины КДЭ, по оси абсцисс – время (часы) длительности пребывания исследуемого объекта в пресной воде естественного водоема (Рисунки 4.1-4.3, для каждого из выделенных внешних температурных условий).

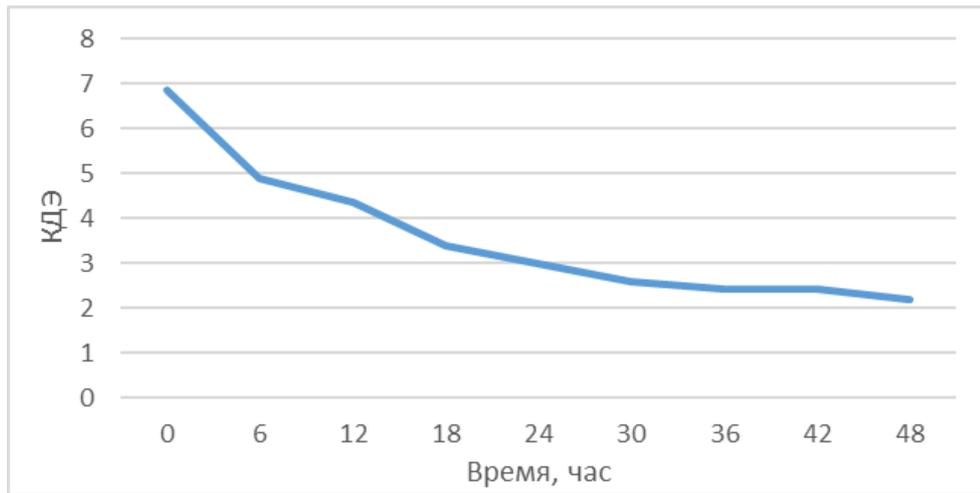


Рисунок 4.1. КДЭ кожи при температуре водной среды 1-24°C

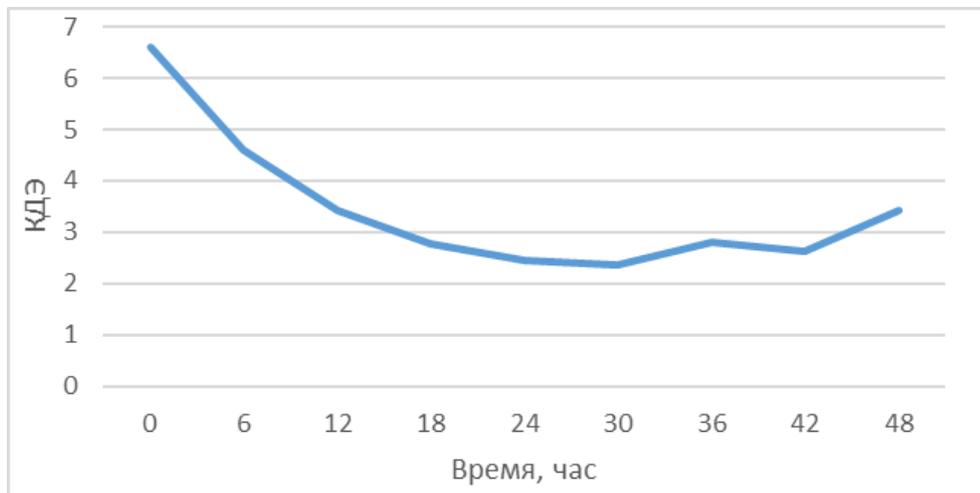


Рисунок 4.2. КДЭ кожи при температуре водной среды 25-30°C

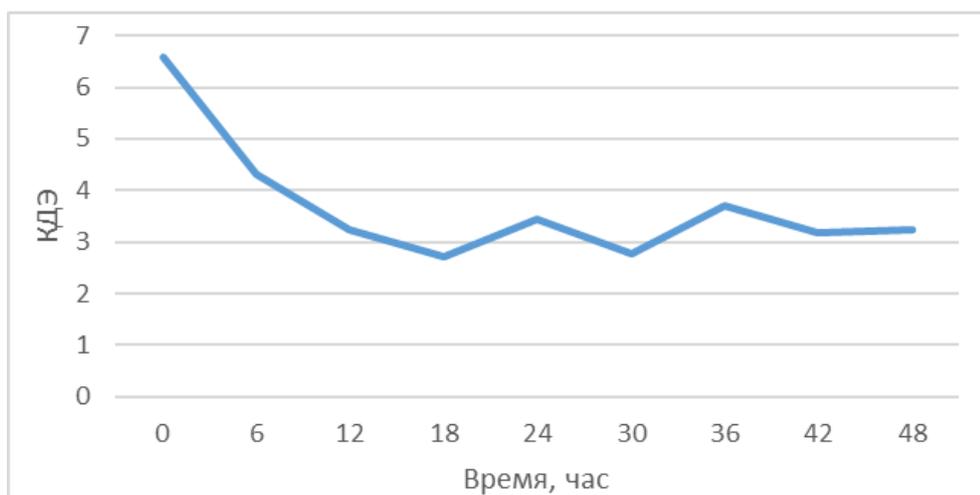


Рисунок 4.3. КДЭ кожи при температуре водной среды 31-40°C

На графиках обращает внимание, что КДЭ кожи трупа при длительном пребывании объекта в условиях пресной воды температурой 1-24°C (Рисунок 4.1) в течении первых 2-х суток имеет равномерное четко просматривающееся снижение. В тоже время температурные условия нахождения образца в водной среде 25-30°C и 31-40°C имеют свои особенности – через некоторое время снижение значения КДЭ прекращается и переходит в слабо выраженное по высоте волнообразное течение со средними значениями, близкими к одному уровню.

В водной среде с температурой 25-30°C (Рисунок 4.2) относительно плавное снижение КДЭ, без изменения направления графика и без волнообразных скачков наблюдается до 30 часов, а в воде температурой 31-40°C (Рисунок 4.3) – до 18 часов.

По нашему мнению, это объясняется достижением некоторого стабильного уровня насыщения объекта исследования жидкостью при диффузии пресной воды в биологическую ткань.

На основании этого мы считаем, что попытка математического расчета длительности пребывания трупа в пресной воде предлагаемым нами способом может привести к получению ложных результатов в тех случаях, когда будет применяться на сроках, превышающих указанные границы для различных температурных условий. Соответственно, наиболее верным методологически является ограничить применимость разрабатываемого способа, в качестве критерия, используемого для установления границ его применимости, используя значение внешних температурных условий длительного воздействия пресной воды на кожный покров трупа, а сам способ рекомендовать к применению в качестве дополнительного, применяемого наравне с другими, как способ повышения объективности итогового, результирующего заключения эксперта.

Таким образом, границы применимости импедансометрического способа определения продолжительности пребывания трупа в пресной воде целесообразно установить следующим образом:

- в воде температурой 1-24°C – до 48-и часов;

- в воде температурой 25-30°C – до 30-и часов;
- в воде температурой 31-40°C – до 18-и часов.

Разработку способа расчетного импедансометрического определения длительности воздействия пресной воды на кожу трупа за пределами указанных временных интервалов считаем нецелесообразной.

4.2. Моделирование длительности пребывания трупа в воде известной температуры по величине КДЭ его кожного покрова.

Графики, представляющие снижение КДЭ кожного покрова трупа по мере увеличения продолжительности пребывания в воде определенной температуры, с учетом изложенного выше были изменены. Они построены для каждого сформированного температурного диапазона в пределах объективно установленных периодов работоспособности разрабатываемого метода.

Кроме того, в табличном редакторе Microsoft Excel по критерию наивысшей точности (коэффициент достоверности аппроксимации R^2 не ниже 95%), произведена подстановка линий регрессии, наиболее точно описывающих исследуемый процесс с одновременным отображением на графике уравнения регрессии, описывающего его в динамике. В результате получено три графика и три формулы, описывающих динамику изменения КДЭ кожного покрова для каждой из выделенных нами температурных групп (Рисунки 4.4-4.6).

Уровень аппроксимации на представленных графиках достаточно высокий ($R^2 \geq 0,97$), при этом математическая зависимость динамики КДЭ кожного покрова трупа, определяемая продолжительностью пребывания объекта в условиях воздействия на него водной среды при любых внешних условиях, может быть формализована полиномиальным уравнением 2-ой степени:

$$y = A \times x^2 + B \times x + C \quad (4.1)$$

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

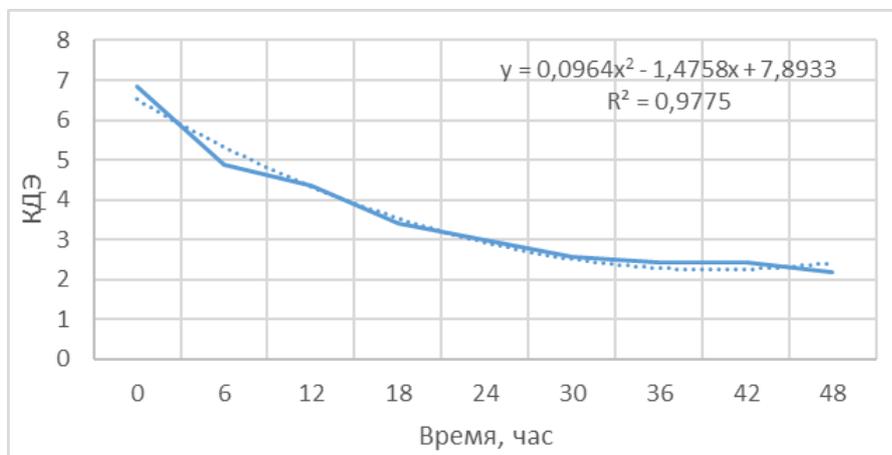


Рисунок 4.4. Динамика КДЭ кожи при температуре водной среды 1-24°C

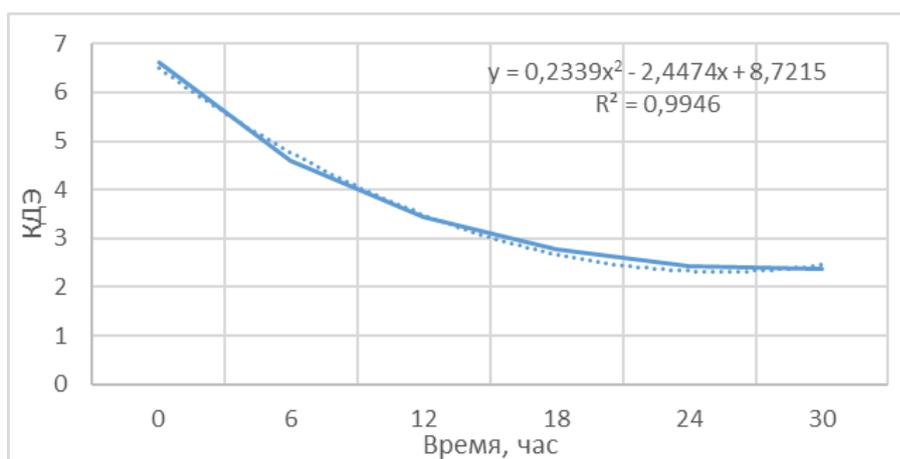


Рисунок 4.5. Динамика КДЭ кожи при температуре водной среды 25-30°C

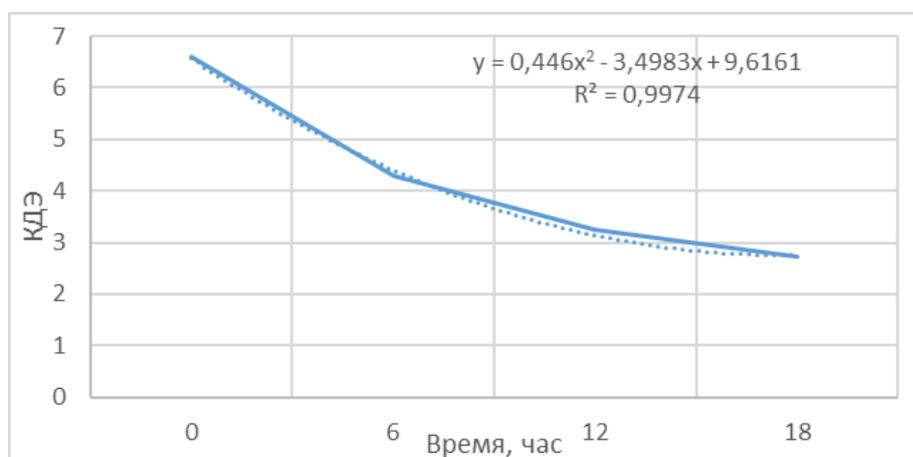


Рисунок 4.6. Динамика КДЭ кожи при температуре водной среды 31-40°C

Для проведения регрессионного анализа и расчета коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих изменение КДЭ кожного покрова трупа, находящегося в воде всех трех сформированных нами температурных групп, использовался статистический пакет программ «IBM SPSS Statistics Version 23.0» (далее SPSS 23,0) (Яковлев В.Б., 2018; Мудров В.А., 2020).

4.2.1. Регрессионный анализ и разработка математической модели для расчета длительности пребывания трупа в воде температурой 1-24°C по величине КДЭ его кожного покрова.

Уравнение регрессии является наиболее часто используемой на практике статистической моделью описания связи между факторами и явлением. В зависимости от вида аналитических выражений, эти зависимости могут быть линейными и нелинейными (Лапач С.Н., Радченко С.Г., 2012; Крыштановский А.О., 2000; Мамуров Б.Ж., Абдуллаев Ж.Ж., 2021).

Нами установлено, что уравнение, которое наилучшим образом описывает динамику изменения КДЭ кожного покрова трупа при пребывании объекта в условиях воздействия на него водной среды температурой 1-24°C, является полином 2-ой степени (4.1), то есть для анализа в программе SPSS 23,0 необходимо использовать параметры нелинейной регрессии.

В качестве зависимой переменной нами выбрано значение КДЭ кожного покрова, а в качестве предиктора – длительность пребывания трупа в воде (далее ДПТВ).

Для оценки параметров нелинейных зависимостей применяется метод наименьших квадратов, согласно которому программой SPSS 23,0 для Windows выбираются значения коэффициентов А, В и С, при которых сумма квадратов отклонений фактических значений КДЭ от теоретических значений,

рассчитываемых по указанной нами зависимости, будет минимальна. Зависимость КДЭ кожного покрова трупа от длительности воздействия на него пресной воды нами установлена ранее, это формула 4.1.

Итерационную процедуру минимизации суммы квадратов отклонений в общем виде можно представить следующей последовательностью, которая выполняется программой самостоятельно:

1. Изначально нами заданы исходные значения каждого из параметров: $A=0$; $B=0$ и $C=1$.

2. В соответствии с указанными значениями по формуле 4.1 вычисляются теоретические значения КДЭ.

3. Вычисляются остатки и сумма их квадратов.

4. Программа изменяет значение одного или более коэффициентов (параметров) A , B , и C .

5. Вычисляются новые теоретические значения КДЭ, остатки и сумма их квадратов.

6. Если на 5-ом этапе произошло уменьшение суммы квадратов остатков, то новые значения коэффициентов (A , B и C) используются в качестве новой отправной точки.

7. Шаги 4, 5 и 6 повторяются до тех пор, пока не будет достигнута ситуация, когда величину суммы квадратов остатков невозможно будет больше уменьшать.

8. Подобранные на последнем шаге значения коэффициентов (параметров) A , B и C являются коэффициентами уравнения регрессии, полученными нелинейным методом наименьших квадратов с помощью программы SPSS 23,0 для Windows (Шанченко Н.И., 2008).

В таблице 4.2 наглядно показан описанный выше процесс итеративного подбора значений коэффициентов по заданной нами зависимости (Формула 4.1) для группы объектов, хранящихся в воде температурой 1-24°C.

Таблица 4.2

Хронология итераций

Номер итерации	Сумма квадратов остатков	Коэффициент		
		А	В	С
1.0	11698,682	0,000	0,000	1,000
1.1	1049,753	,003	-,224	6,746
2.0	1049,753	,003	-,224	6,746

Как видно из таблицы, после первого изменения значений коэффициентов программой было достигнуто наименьшее значение суммы квадратов остатков, что указывает на правильность выбранного нами уравнения регрессии, описывающего зависимость значения КДЭ кожного покрова трупа от длительности воздействия на объект пресной воды температурой 1-24°C.

Полученные на предыдущем этапе значения коэффициентов А, В и С указаны в столбце «Оценка» таблицы 4.3.

Таблица 4.3

Оценка параметров

Коэффициент	Оценка	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница
А	,003	,000	,002	,003
В	-,224	,007	-,237	-,211
С	6,746	,067	6,616	6,877

Таким образом, уравнение регрессии, описывающее зависимость между КДЭ кожного покрова трупа и длительностью пребывания объекта в пресной воде температурой 1-24°C выглядит следующим образом:

$$\text{КДЭ} = 0,003 \times \text{ДПТВ}^2 - 0,224 \times \text{ДПТВ} + 6,746 \quad (4.2)$$

где КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде, час.

На следующем этапе проведена оценка изменений КДЭ кожного покрова в зависимости от длительности пребывания объекта исследования в воде на основе ANOVA-теста (Таблица 4.4).

Таблица 4.4

ANOVA^a

Источник	Сумма квадратов	ст.св.	Средние квадраты
Регрессия	17256,766	3	5752,255
Остаток	1049,753	1019	1,030
Нескорректированный итог	18306,518	1022	
Скорректированный итог	4066,206	1021	

Зависимая переменная: КДЭ

а. R-квадрат = 1 - (Остаточная сумма квадратов) / (Скорректированная сумма квадратов) = ,742.

Коэффициент детерминации (R^2) показывает, какая часть дисперсии КДЭ объяснена уравнением регрессии (Яковлев В.Б., 2018). Для приемлемых моделей коэффициент детерминации должен быть не меньше 0,5 (Мудров В.А., 2020).

Нами получено значение $R^2 = 0,742$, то есть уравнение регрессии (4.2) объясняет 74,2% дисперсии результативного признака.

Для оценки значимости полученного нами уравнения регрессии (4.2) был рассчитан F-критерий Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$:

$$F = \frac{0,742}{1 - 0,742} \times \frac{1022 - 1 - 1}{1} = 2933,49$$

Полученное значение F-критерия Фишера больше табличного значения равного 3,84 для $k_1=1$, $k_2=1020$ (в таблице взято значение ∞) и $\alpha=0,05$, что подтверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии, описывающего зависимость КДЭ кожного покрова трупа от длительности пребывания объекта в воде температурой 1-24°C.

Следующим шагом произведено выведение из полученного уравнения 4.2 интересующего нас значения ДПТВ:

- изначальный вид уравнения

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

- представим уравнение в виде дробей

$$\text{КДЭ} = \frac{3 \times \text{ДПТВ}^2}{1000} - \frac{28 \times \text{ДПТВ}}{125} + \frac{3373}{500}$$

- умножим обе части неравенства на $\frac{1000}{3}$:

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{224 \times \text{ДПТВ}}{3} + \frac{6746}{3} = \frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3}$$

- перенесем $\frac{6746}{3}$ на другую сторону

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{224 \times \text{ДПТВ}}{3} = \frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{6746}{3}$$

- прибавим к обеим частям неравенства $\frac{12544}{9}$

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{224 \times \text{ДПТВ}}{3} + \frac{12544}{9} = \frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{7694}{9}$$

- запишем левую сторону в виде квадрата

$$\left(\text{ДПТВ} - \frac{122}{3}\right)^2 = \frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{7694}{9}$$

- извлечем квадратный корень из обеих половин неравенства

$$\text{ДПТВ} - \frac{122}{3} = \sqrt{\frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{7694}{9}} \quad \text{или} \quad \text{ДПТВ} - \frac{122}{3} = -\sqrt{\frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{7694}{9}}$$

- перенесем $\frac{122}{3}$ в правую сторону неравенства

$$\text{ДПТВ} = \frac{122}{3} - \sqrt{\frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{7694}{9}} \quad \text{или} \quad \text{ДПТВ} = \sqrt{\frac{1000 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{7694}{9}} + \frac{122}{3}$$

В связи с тем, что квадратный корень из отрицательных чисел не извлекается, поставим в формулу модуль, а также, для удобства проведения расчетов, представим дроби в виде десятичных дробей.

Таким образом, нами получено две формулы (4.3) для получения расчетной длительности пребывания трупа в воде температурой 1-24°C:

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

либо

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

(4.3)

где ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде, час;
КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности.

При проверке расчетов выявлено, что вторая формула устанавливает взаимосвязь между ДПТВ и КДЭ при продолжительности воздействия пресной воды на кожный покров трупа после 38 часов пребывания объекта в воде.

4.2.2. Регрессионный анализ и разработка математической модели для расчета длительности пребывания трупа в воде температурой 25-30°C по величине КДЭ его кожного покрова.

Зависимость изменения КДЭ кожного покрова трупа от длительности воздействия на него пресной воды температурой 25-30°C в пределах 30 часов описывается полиномиальным уравнением 2-ой степени, следовательно, регрессионный анализ и разработка математической модели должна проводится по аналогии с анализом пребывания объекта исследования в воде температурой 1-24° (как это было показано ранее), использованием параметров нелинейной регрессии.

Итеративный процесс подбора значений коэффициентов для указанной нами зависимости показан в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Хронология итераций

Номер итерации	Сумма квадратов остатков	Коэффициент		
		А	В	С
1.0	2502,071	0,000	0,000	1,000
1.1	125,672	,008	-,379	6,706
2.0	125,672	,008	-,379	6,706

После первого изменения программой значений коэффициентов было достигнуто наименьшее значение суммы квадратов остатков, что указывает на правильность выбранного нами уравнения регрессии, описывающего зависимость значения КДЭ кожного покрова трупа от длительности воздействия на него пресной воды температурой 25-30°C.

Полученные на предыдущем этапе значения коэффициентов А, В и С указаны в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Оценки параметров

Коэффициент	Оценка	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница
А	,008	,001	,007	,010
В	-,379	,020	-,418	-,340
С	6,706	,105	6,499	6,913

Таким образом, уравнение регрессии, устанавливающие зависимость между КДЭ кожного покрова трупа и длительностью воздействия на объект пресной воды температурой 25-30°C выглядит следующим образом:

$$\text{КДЭ} = 0,008 \times \text{ДПТВ}^2 - 0,379 \times \text{ДПТВ} + 6,706 \quad (4.4)$$

где КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде, час.

Результаты оценки изменений КДЭ кожного покрова в зависимости от ДПТВ в воде температурой 25-30°C на основе ANOVA-теста приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7

ANOVA^а

Источник	Сумма квадратов	ст.св.	Средние квадраты
Регрессия	3750,486	3	1250,162
Остаток	125,672	197	,638
Нескорректированный итог	3876,159	200	
Скорректированный итог	778,969	199	

Зависимая переменная: КДЭ

а. R-квадрат = 1 - (Остаточная сумма квадратов) / (Скорректированная сумма квадратов) = ,839.

Коэффициент детерминации R² равен 0,839, то есть уравнение регрессии (4.4) объясняет 83,9% дисперсии результативного признака.

Для оценки значимости полученного нами уравнения регрессии (4.4) был рассчитан F-критерий Фишера при уровне значимости α=0,05:

$$F = \frac{0,839}{1 - 0,839} \times \frac{200 - 1 - 1}{1} = 1031,81$$

Полученное значение F-критерия Фишера больше табличного значения равного 3,89 для $k_1=1$, $k_2=198$ (в таблице взято значение 200) и $\alpha=0,05$, что подтверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии, описывающего зависимость КДЭ кожного покрова трупа от длительности воздействия на объект пресной воды температурой 25-30°C.

Следующим шагом произведено выведение из полученного уравнения 4.4 интересующего нас значения ДПТВ:

- изначальный вид уравнения

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

- представим уравнение в виде дробей

$$\text{КДЭ} = \frac{\text{ДПТВ}^2}{125} - \frac{379 \times \text{ДПТВ}}{1000} + \frac{3353}{500}$$

- умножим обе части неравенства на 125 и перенесем $\frac{3353}{500}$ в правую сторону уравнения:

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{379 \times \text{ДПТВ}}{8} + \frac{3353}{4} = 125 \times \text{КДЭ}$$

- перенесем $\frac{3353}{4}$ в правую сторону неравенства

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{379 \times \text{ДПТВ}}{8} = 125 \times \text{КДЭ} - \frac{3353}{4}$$

- прибавим к обеим частям неравенства $\frac{143641}{256}$

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{379 \times \text{ДПТВ}}{8} + \frac{143641}{256} = 125 \times \text{КДЭ} - \frac{70951}{256}$$

- запишем левую сторону в виде квадрата

$$\left(\text{ДПТВ} - \frac{379}{16} \right)^2 = 125 \times \text{КДЭ} - \frac{70951}{256}$$

- извлечем квадратный корень из обеих половин неравенства

$$\text{ДПТВ} - \frac{379}{16} = \sqrt{125 \times \text{КДЭ} - \frac{70951}{256}} \text{ или } \text{ДПТВ} - \frac{379}{16} = -\sqrt{125 \times \text{КДЭ} - \frac{70951}{256}}$$

- перенесем $\frac{379}{16}$ в правую сторону неравенства

$$\text{ДПТВ} = \frac{379}{16} - \sqrt{125 \times \text{КДЭ} - \frac{70951}{256}} \text{ или } \text{ДПТВ} = \sqrt{125 \times \text{КДЭ} - \frac{70951}{256}} + \frac{379}{16}$$

Также поставим в формулу модуль для получения положительного числа под знаком корня и для удобства проведения расчетов представим дроби в виде десятичных дробей.

Таким образом, нами получено две формулы (4.5) для получения расчетной длительности пребывания объекта в воде температурой 25-30°C:

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

либо

(4.5)

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

где ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде, час;
КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности.

При проверке расчетов выявлено, что вторая формула устанавливает зависимость между ДПТВ и КДЭ кожного покрова трупа при пребывании объекта исследования в пресной воде температурой 25-30°C после 24 часов.

4.2.3. Регрессионный анализ и разработка математической модели для расчета длительности пребывания трупа в воде температурой 31-40°C по величине КДЭ его кожного покрова.

Зависимость изменения КДЭ кожи трупа от длительности воздействия на объект пресной воды температурой 31-40°C в пределах 18 часов тоже описывается полиномиальным уравнением 2-ой степени, следовательно, регрессионный анализ и разработку математической модели необходимо проводить по аналогии с предыдущими внешними температурными условиями пребывания объекта в пресной воде.

В таблице 4.8 показана хронология подбора программой SPSS 23.0 значений коэффициентов, при которых получена наименьшая сумма квадратов остатков.

Таблица 4.8

Хронология итераций

Номер итерации	Сумма квадратов остатков	Коэффициент		
		A	B	C
1.0	2444,885	,000	,000	1,000
1.1	142,458	,012	-,427	6,464
2.0	142,458	,012	-,427	6,464

Как и в предыдущих расчетах, после первого изменения программой значений параметров было достигнуто наименьшее значение суммы квадратов остатков, что подтверждает правильность указанной нами зависимости.

Полученные значения коэффициентов полиномиального уравнения 4.1 для воды температурой 31-40 °С указаны в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Оценки параметров

Коэффициент	Оценка	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница
A	,012	,004	,005	,019
B	-,427	,053	-,531	-,323
C	6,464	,127	6,212	6,716

Таким образом, уравнение регрессии, устанавливающее зависимость КДЭ кожного покрова трупа от продолжительности воздействия на него пресной воды температурой 31-40°С выглядит следующим образом:

$$\text{КДЭ} = 0,012 \times \text{ДПТВ}^2 - 0,427 \times \text{ДПТВ} + 6,464 \quad (4.6)$$

где КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности;
ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде, час.

Результаты оценки изменений КДЭ в зависимости от ДПТВ на основе ANOVA-теста приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10

ANOVA^a

Источник	Сумма квадратов	ст.св.	Средние квадраты
Регрессия	3455,892	3	1151,964
Остаток	142,458	132	1,079
Нескорректированный итог	3598,351	135	
Скорректированный итог	524,012	134	

Зависимая переменная: КДЭ

$$a. R\text{-квadrat} = 1 - (\text{Остаточная квадратов}) / (\text{Скорректированная сумма квадратов}) \\ = ,728.\text{сумма}$$

Коэффициент детерминации R^2 равен 0,728, то есть уравнение регрессии (4.6) объясняет 72,8% дисперсии результативного признака.

Для оценки значимости полученного нами уравнения регрессии (4.6) был рассчитан F-критерий Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$:

$$F = \frac{0,728}{1 - 0,728} \times \frac{135 - 1 - 1}{1} = 355,97$$

Полученное значение F-критерия Фишера больше табличного значения равного 3,90 для $k_1=1$, $k_2=133$ (в таблице взято значение 150) и $\alpha=0,05$, что подтверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии, описывающего зависимость КДЭ кожного покрова трупа от продолжительности воздействия на него пресной воды температурой 31-40°C.

Следующим шагом произведено выведение из полученного уравнения 4.6 интересующего нас значения ДПТВ:

- изначальный вид уравнения

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

- представим уравнение в виде дробей

$$\text{КДЭ} = \frac{3 \times \text{ДПТВ}^2}{250} - \frac{427 \times \text{ДПТВ}}{1000} + \frac{808}{125}$$

- развернем уравнение, и умножим обе части неравенства на $\frac{250}{3}$:

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{427 \times \text{ДПТВ}}{12} + \frac{1616}{3} = \frac{250 \times \text{КДЭ}}{3}$$

- перенесем $\frac{1616}{3}$ в правую сторону неравенства

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{427 \times \text{ДПТВ}}{12} = \frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{1616}{3}$$

- прибавим к обеим частям неравенства $\frac{182329}{576}$

$$\text{ДПТВ}^2 - \frac{427 \times \text{ДПТВ}}{12} + \frac{182329}{576} = \frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{127943}{576}$$

- запишем левую сторону в виде квадрата

$$\left(\text{ДПТВ} - \frac{427}{24} \right)^2 = \frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{127943}{576}$$

- извлечем квадратный корень из обеих половин неравенства

$$\text{ДПТВ} - \frac{427}{24} = \sqrt{\frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{127943}{576}} \quad \text{или} \quad \text{ДПТВ} - \frac{427}{24} = -\sqrt{\frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{127943}{576}}$$

- перенесем $\frac{427}{24}$ в правую сторону неравенства

$$\text{ДПТВ} = \frac{427}{24} + \sqrt{\frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{127943}{576}} \quad \text{или} \quad \text{ДПТВ} = \sqrt{\frac{250 \times \text{КДЭ}}{3} - \frac{127943}{576}} + \frac{427}{24}$$

Как делали ранее, поставим в формулу модуль для получения положительного числа под знаком корня и для удобства проведения расчетов представим дроби в десятичном виде.

Таким образом, нами получено две формулы (4.7) для получения расчетной длительности пребывания объекта в воде температурой 31-40°C:

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

либо

(4.7)

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

где ДПТВ – длительность пребывания трупа в воде, час;
КДЭ – коэффициент дисперсии электропроводности.

При проверке расчетов выявлено, что вторая формула описывает зависимость ДПТВ от КДЭ кожи трупа при пребывании объекта исследования в

пресной воде температурой 31-40°C за пределами 18-часовой продолжительности.

4.3. Оценка погрешности способа определения продолжительности воздействия внешней водной среды на кожу трупа.

Целью регрессионного анализа является предсказание поведения системы за пределами области наблюдений. При этом важно определить не только само значение прогноза, но и оценить его точность. Наиболее удобно представлять результат прогноза в виде доверительного интервала (Померанцев А.Л., 2003), который представляет собой меру точности оцениваемого параметра (Гржибовский А.М., 2008).

Ранее нами выведены формулы для получения расчетного значения длительности пребывания объекта исследования в воде температурой 1-24°C, 25-30°C и 31-40°C. Однако учитывая, что наши исследования проведены на выборках, полученные по формулам результаты длительности пребывания трупа в воде при их проецировании на генеральную совокупность будут иметь определенную погрешность. Иными словами, вычисляя ДПТВ по установленным формулам, мы получаем расчетное значение, которое может отличаться от истинного. Определив доверительный интервал для каждой из формул, мы сможем утверждать, что истинное значение ДПТВ с заданной вероятностью лежит в конкретном интервале.

Как это принято в медико-биологических исследованиях, в настоящей работе требуемый уровень достоверности соответствует 95% значимости.

Установление границ доверительного интервала, оценивающего точность разработанной математической модели для каждой из температурных групп, произведено по алгоритму, разработанному Куликовым А.В., Коноваловым Е.А., Вавиловым А.Ю. (2006).

В таблице исходных статистических данных для каждого измерения, начиная с 6 часов, по формулам 4.3, 4.5 и 4.7 был получен результат расчетной ДПТВ ($\Delta\text{ДПТВ}_p$).

Далее в ряду погрешностей выявлялись грубые промахи с помощью критерия непринятия резко выделяющихся наблюдений по формуле (4.8)

$$|\Delta\text{ДПТВ}_{N+1} - \Delta\text{ДПТВ}_{\text{ср}}| > t_\beta \times \text{СКО}_{\Delta\text{ДПТВ}} \quad (4.8)$$

где $\Delta\text{ДПТВ}$ – абсолютная погрешность измерения ДПТВ;

$\Delta\text{ДПТВ}_{\text{ср}}$ – средняя погрешность измерения ДПТВ;

t_β – коэффициент Стьюдента, найденный при вероятности 0,99;

$\text{СКО}_{\Delta\text{ДПТВ}}$ – среднее квадратическое отклонения в ряду данных $\Delta\text{ДПТВ}$

На данном этапе для воды температурой 1-24°C было отсеяно 22 наблюдения, для воды температурой 25-30°C – 8 наблюдений, для воды 31–40°C – 5 наблюдений.

По вновь сформированным таблицам с помощью программы Excel была построена зависимость $\text{ДПТВ} = f(\text{ДПТВ}_p)$, определена линия тренда, проходящая через начало координат, и уравнение линейной регрессии для каждой из температурных групп (Рисунки 4.7-4.9).

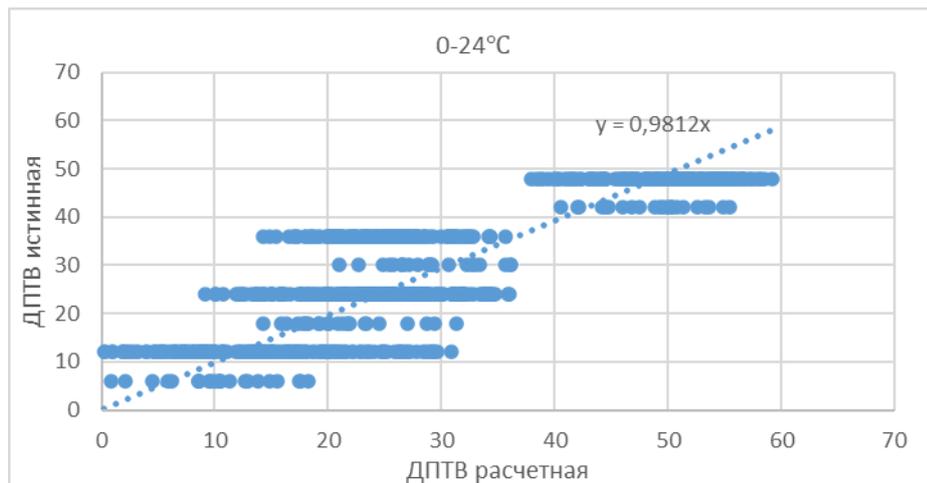


Рисунок 4.7. Ошибки уравнений (4.3) в системе заданных координат с линией наилучшего соответствия

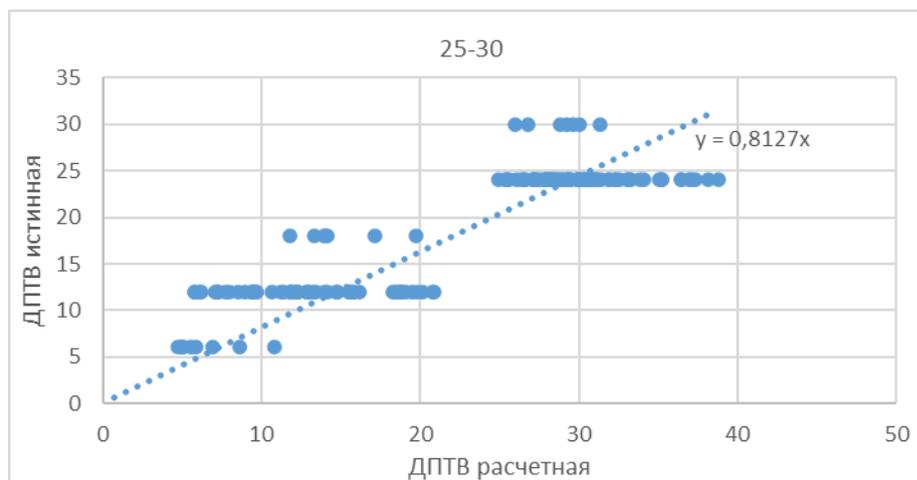


Рисунок 4.8. Ошибки уравнений (4.5) в системе заданных координат с линией наилучшего соответствия

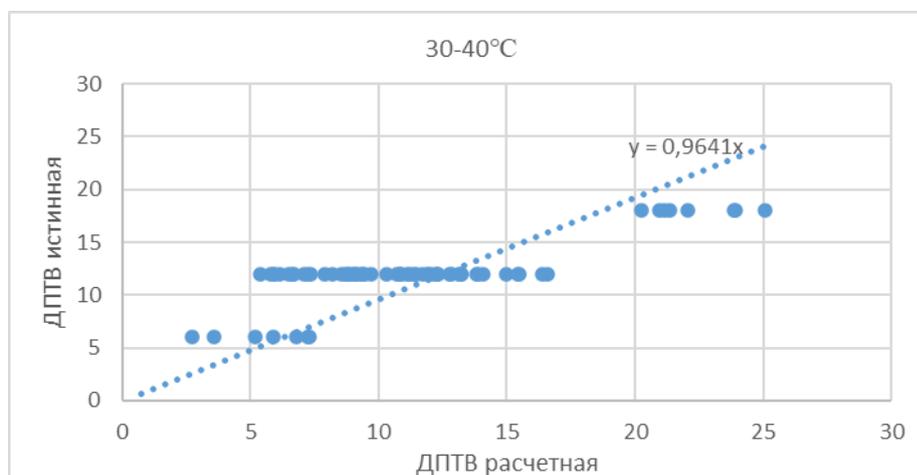


Рисунок 4.9. Ошибки уравнений (4.7) в системе заданных координат с линией наилучшего соответствия

Ряд значений отсортирован в порядке возрастания $ДПТВ_p$, разбит на группы по 6 часов, и для каждой группы по формуле 4.9 находилась доверительный интервал, при этом t – это коэффициент Стьюдента при вероятности 0,95.

$$ДПТВ_{cp} \pm t \times СКО_{\Delta ДПТВ} \quad (4.9)$$

Рассчитанные доверительные интервалы были построены в координатах $ДПТВ = f(ДПТВ_p)$ и получены уравнения регрессии, являющиеся ключами к получению интервала, в котором с вероятностью 0,95 находится истинная длительность пребывания трупа в воде (Рисунок 4.10).

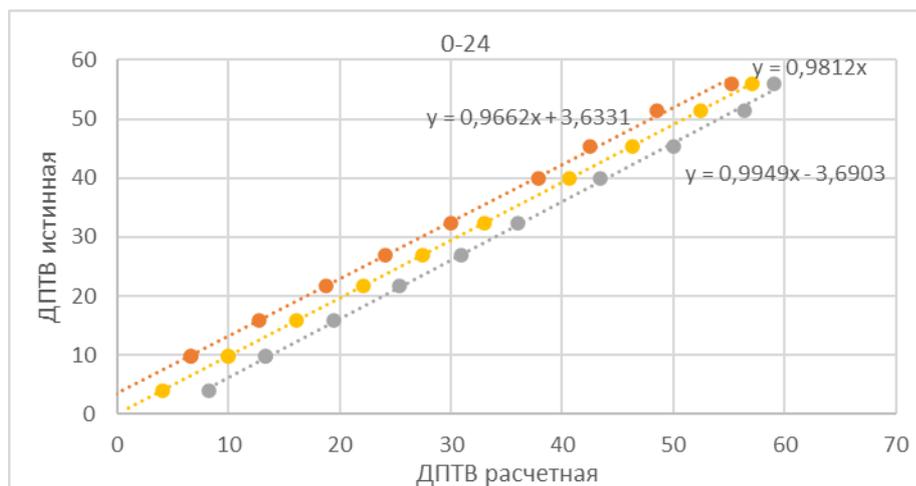


Рисунок 4.10. Границы доверительного интервала для формулы 4.3 ($P \geq 95\%$)

Таким образом, для формулы 4.3, разработанной для расчета длительности воздействия на кожный покров трупа воды температурой 1-24°C, нами получено следующее неравенство:

$$0,9949 \times \text{ДПТВ}_p - 3,6903 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,9662 \times \text{ДПТВ}_p + 3,6331 \quad (4.10)$$

Аналогично произведены расчеты доверительных интервалов и их построение в координатах $\text{ДПТВ} = f(\text{ДПТВ}_p)$ с получением уравнений регрессии, являющихся ключами к получению интервалов истинной длительности ДПТВ для внешних температурных условий пребывания объекта исследования 25-30°C (Рисунок 4.11) и 31-40°C (Рисунок 4.12).

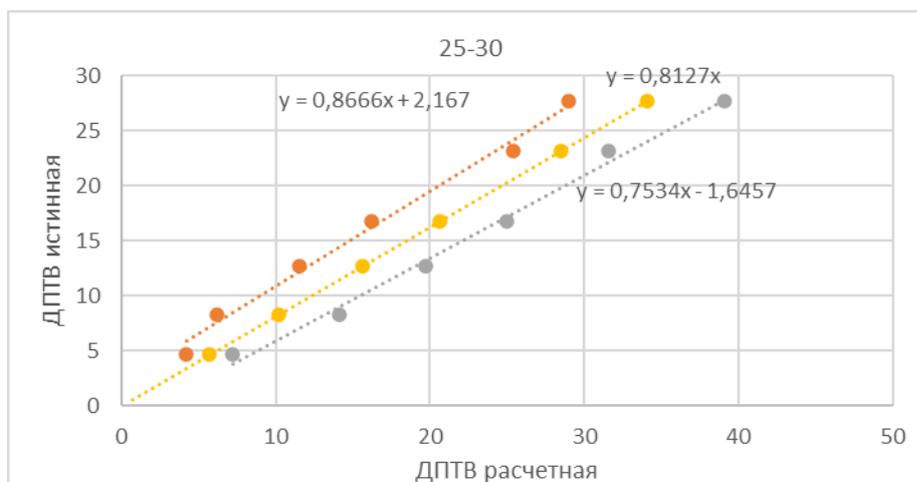


Рисунок 4.11. Границы доверительного интервала для формулы 4.5 ($P \geq 95\%$)

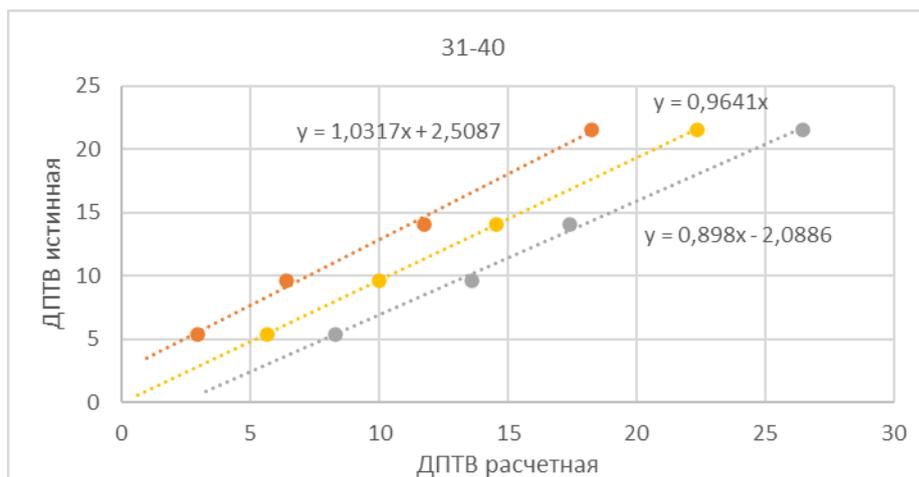


Рисунок 4.12. Границы доверительного интервала для формулы 4.7 (P≥95%)

Для формулы 4.5, разработанной для расчета ДПТВ для внешнего температурного интервала 25-30°C по значению коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа, получено следующее неравенство:

$$0,7534 \times \text{ДПТВ}_p - 1,6457 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,8666 \times \text{ДПТВ}_p + 2,167 \quad (4.11)$$

Для формулы 4.7, разработанной для расчета ДПТВ в температурном диапазоне пребывания объекта в воде 31-40°C по значению коэффициента дисперсии электропроводности кожного покрова трупа, получено следующее неравенство:

$$0,898 \times \text{ДПТВ}_p - 2,0886 \leq \text{ДПТВ} \leq 1,0317 \times \text{ДПТВ}_p + 2,5087 \quad (4.12)$$

4.4. Создание компьютерной программы для определения длительности пребывания трупа в воде.

Сложность полученных формул, а также множественность действий (осуществление измерений сопротивления кожного покрова трупа на двух частотах, вычисление КДЭ, получение расчетной ДПТВ, расчет интервала, в котором находится истинная ДПТВ) эксперта при определении длительности

пребывания объекта исследования в воде разработанным импедансометрическим способом, может привести к ошибкам на любом из перечисленных этапов. Поэтому нами была написана компьютерная программа, условно названная «DOCSwater 1.0».

Созданная программа самостоятельно проводит все расчеты, максимально исключая ошибки, обусловленные влиянием т.н. «человеческого фактора». Участие судебно-медицинского эксперта в расчете продолжительности воздействия пресной воды на кожу трупа заключается в следующих шагах:

- выбор интервала температур воды, в которой объект исследования пребывал до момента его обнаружения;
- выбор продолжительности пребывания трупа в воде, ориентировочно установленной на основе макроскопических признаков, выявляемых в ходе экспертного исследования 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».

Интерфейс программы представлен на рисунке 4.13.

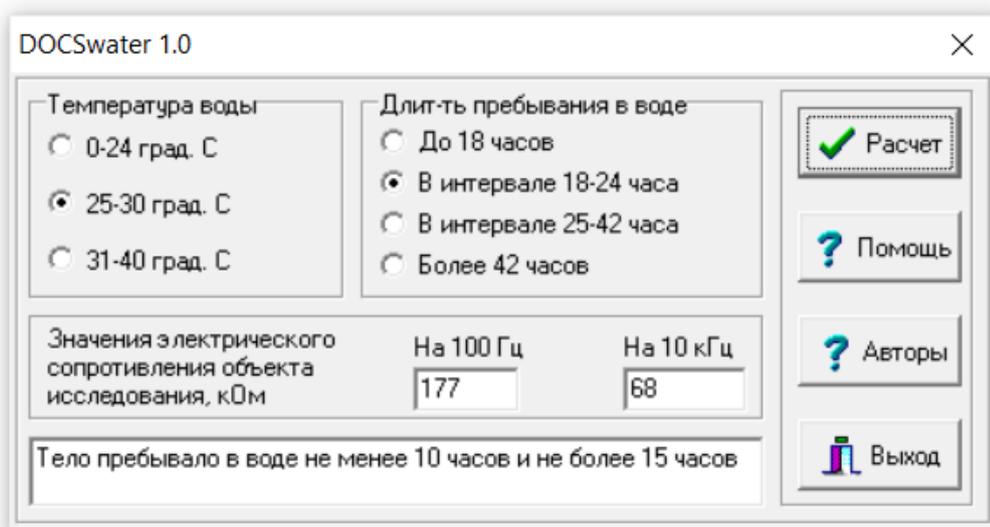


Рисунок 4.13. Интерфейс программы «DOCSwater 1.0»

В результате вычислений в текстовом поле программы отображается описание интервала, в границах которого находится искомая длительность пребывания трупа в воде, рассчитанная на основе представленных ранее уравнений. Для большего удобства имеется возможность копировать текстовую часть полученного результата с последующей вставкой в «Заключение эксперта».

Программа работает в Windows любого выпуска, редакции и разрядности. Программа не регистрировалась и распространяется авторами свободно.

Полный код программы «DOCSwater 1.0» приведен в Листинге 1.

Листинг 1 программы «DOCSwater 1.0»

```
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Buttons, ExtCtrls;
type
  TMainForm = class(TForm)
    VodaGroup: TRadioGroup;
    DavnGroup: TRadioGroup;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Edt100: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Edt10k: TEdit;
    Bevel3: TBevel;
    ResultMemo: TMemo;
    OkBtn: TBitBtn;
    ExitBtn: TBitBtn;
    HelpBtn: TBitBtn;
    AboutBtn: TBitBtn;
    procedure ExitBtnClick(Sender: TObject);
    procedure OkBtnClick(Sender: TObject);
    procedure HelpBtnClick(Sender: TObject);
    procedure AboutBtnClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
```

**Листинг 1 программы
«DOCSwater 1.0»
(продолжение)**

```

MainForm: TMainForm;
r100,r10k,kde,dptv,min,max:real;
implementation
uses Help, About;
{$R *.DFM}
procedure TMainForm.ExitBtnClick(Sender: TObject);
begin
Close;
end;
procedure TMainForm.OkBtnClick(Sender: TObject);
begin
r100:=Strtfloat(Edt100.Text);
r10k:=Strtfloat(Edt10k.Text);
kde:=r100/r10k;
ResultMemo.Lines.Clear;
if (VodaGroup.ItemIndex=0) and (DavnGroup.ItemIndex=0) then dptv:=37.3-
sqrt(abs(1000*kde/3-854.9));
if (VodaGroup.ItemIndex=0) and (DavnGroup.ItemIndex=1) then dptv:=37.3-
sqrt(abs(1000*kde/3-854.9));
if (VodaGroup.ItemIndex=0) and (DavnGroup.ItemIndex=2) then dptv:=37.3-
sqrt(abs(1000*kde/3-854.9));
if (VodaGroup.ItemIndex=0) and (DavnGroup.ItemIndex=3) then
dptv:=37.3+sqrt(abs(1000*kde/3-854.9));
if (VodaGroup.ItemIndex=0) then min:=int(0.9949*dptv-3.6903);
if (VodaGroup.ItemIndex=0) then max:=int(0.9662*dptv+3.6331);
if (VodaGroup.ItemIndex=1) and (DavnGroup.ItemIndex=0) then dptv:=23.68-
sqrt(abs(125*kde-277.15));
if (VodaGroup.ItemIndex=1) and (DavnGroup.ItemIndex=1) then dptv:=23.68-
sqrt(abs(125*kde-277.15));
if (VodaGroup.ItemIndex=1) and (DavnGroup.ItemIndex=2) then
dptv:=23.68+sqrt(abs(125*kde-277.15));
if (VodaGroup.ItemIndex=1) and (DavnGroup.ItemIndex=3) then
dptv:=23.68+sqrt(abs(125*kde-277.15));
if (VodaGroup.ItemIndex=1) then min:=int(0.7534*dptv-1.6457);
if (VodaGroup.ItemIndex=1) then max:=int(0.8666*dptv+1.167);
if (VodaGroup.ItemIndex=2) and (DavnGroup.ItemIndex=0) then dptv:=17.8-
sqrt(abs(250*kde/3-222.12));
if (VodaGroup.ItemIndex=2) and (DavnGroup.ItemIndex=1) then
dptv:=17.8+sqrt(abs(250*kde/3-222.12));
if (VodaGroup.ItemIndex=2) and (DavnGroup.ItemIndex=2) then
dptv:=17.8+sqrt(abs(250*kde/3-222.12));
if (VodaGroup.ItemIndex=2) and (DavnGroup.ItemIndex=3) then
dptv:=17.8+sqrt(abs(250*kde/3-222.12));
if (VodaGroup.ItemIndex=2) then min:=int(0.898*dptv-2.0886);
if (VodaGroup.ItemIndex=2) then max:=int(1.0317*dptv+2.5087);
ResultMemo.Lines.Add('Тело пребывало в воде не менее '+FloatToStr(min)+' часов и не бо-
лее '+FloatToStr(max)+' часов');

```

**Листинг 1 программы
«DOCSwater 1.0»
(продолжение)**

```
end;
procedure TMainForm.HelpBtnClick(Sender: TObject);
begin
  HelpForm:=THelpForm.Create(Application);
  HelpForm.ShowModal;
  HelpForm.Free;
end;
procedure TMainForm.AboutBtnClick(Sender: TObject);
begin
  AboutForm:=TAboutForm.Create(Application);
  AboutForm.ShowModal;
  AboutForm.Free;
end;
end.
```

4.5. Проверка работоспособности апробируемого способа определения длительности пребывания трупа в воде.

Традиционным способом оценки работоспособности вновь созданного способа в научных исследованиях является т.н. «слепой опыт», зачастую он проводится на объектах с заведомо известными параметрами. В настоящей работе исследователь знал период контакта объекта с водой определенной температуры и, используя разработанную методику, проверял корректность получаемых результатов.

Ниже приведена демонстрация проверки работоспособности и точности предлагаемого импедансометрического способа.

Пример №1.

В процессе судебно-медицинского исследования трупа мужчины 58 лет было изъято три кожных лоскута. Каждый из образцов в 10 ч 00 мин был помещен в воду, набранную из реки Эсс установленной температуры:

- образец №1 – температура воды 16°C;
- образец №2 – температура воды 27°C;
- образец №3 – температура воды 37°C.

В 19 ч 30 мин данные образцы были извлечены из ёмкостей с водой, выдержаны в течении 15 мин в условиях комнатной температуры (для выравнивания температуры погружного игольчатого датчика и образцов), промокивающими движениями чистой впитывающей салфетки осушены и подвергнуты измерениям с последующим расчетом КДЭ кожного покрова.

На рисунках 4.14, 4.15 изображен процесс измерения сопротивления образцов №1 и №2.



Рисунок 4.14 Результаты измерений сопротивления образца № 1

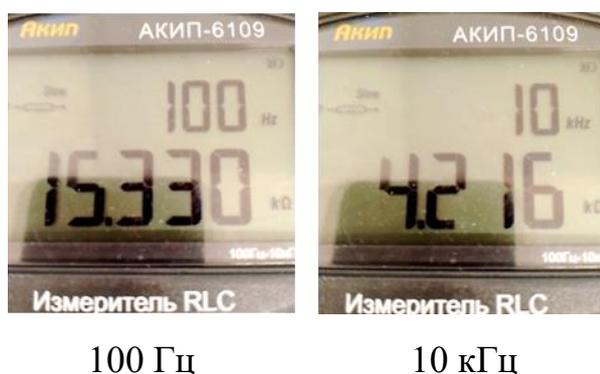


Рисунок 4.15 Результаты измерений сопротивления образца № 2

Полученные результаты измерений представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11

Результаты измерения образцов

	Образец №1	Образец №2	Образец №3
100 Гц	21,603	15,33	13,828
10 кГц	4,544	4,216	3,961
КДЭ	4,754	3,636	3,491

Далее по формулам соответствующих температур и расчетов доверительных интервалов получены следующие результаты:

– Образец №1 – расчетная длительность пребывания образца №1 в воде составила 10 ч 20 мин, то есть истинная длительность пребывания образца №1 в воде составила от 6 ч 36 мин до 13 с 36 мин, что согласуется с пребыванием образца в воде в течении 9 ч 30 мин.

– Образец №2 – расчетная длительность пребывания образца №2 в воде составила 10 ч 22 мин, то есть истинная длительность пребывания образца №1 в воде составила от 6 ч 10 мин до 11 ч 09 мин, что согласуется с пребыванием образца в воде в течении 9 ч 30 мин.

– Образец №3 – расчетная длительность пребывания образца №3 в воде составила 7 ч 43 мин, то есть истинная длительность пребывания образца №3 в воде составила от 4 ч 50 мин до 10 ч 28 мин, что согласуется с длительностью пребывания образца в воде в течении 9 ч 30 мин.

Пример №2.

В процессе судебно-медицинского исследования трупа женщины 69 лет было изъято два кожных лоскута. Каждый из образцов в 11 ч 00 мин был помещен в воду, набранную из реки Эсс установленной температуры:

– образец №1 – температура воды 18°C;

– образец №2 – температура воды 26°C.

В 12 ч 40 мин следующего дня данные образцы были извлечены из ёмкостей с водой, выдержаны в течении 15 мин в условиях комнатной температуры (для выравнивания температуры погружного игольчатого датчика и образцов), промакивающими движениями чистой впитывающей салфетки осушены и подвергнуты измерениям с последующим расчетом КДЭ кожного покрова. Полученные результаты измерений представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12

Результаты измерения образцов

	Образец №1	Образец №2
100 Гц	29,084	23,633
10 кГц	13,074	8,468
КДЭ	2,225	2,791

Далее по формулам соответствующих температур и расчетов доверительных интервалов получены следующие результаты:

– Образец №1 – расчетная длительность пребывания образца №1 в воде температурой от 1-24°C (18°C) составила 26 ч 41 мин (26,69 ч), то есть истинная длительность пребывания образца №1 в воде составила от 22 ч 52 мин (22,86 ч) до 29 ч 25 мин (29,42 ч), что согласуется с пребыванием образца в воде в течении 25 ч 40 мин.

– Образец №2 – расчетная длительность пребывания образца №2 в воде температурой 25-30°C (26°C) составила 32 ч 10 мин (32,16 ч), то есть истинная длительность пребывания образца №2 в воде составила от 22 ч 35 мин (22,58 ч) до 30 ч 02 мин (30,03 ч), что согласуется с пребыванием образца в воде в течении 25 ч 40 мин.

Пример №3.

Гражданин Д.М.А., 1972 г.р. 21.07.2023 года находился в гостях у знакомых в загородном домовладении, расположенном на берегу пресноводной реки Эсс, где они совместно в ходе мероприятия употребляли алкоголь. Около 16 часов 00 минут гражданин Д.М.А. вышел из беседки и один направился в сторону водоема с целью искупаться и освежиться. Знакомые продолжили мероприятие и только около 18 часов 00 минут поняли, что Д.М.А. длительное время не возвращается. На берегу были найдены шорты и футболка, Д.М.А. обнаружен не был. Около 18 часов 45 минут труп гражданина Д.М.А. был обнаружен в воде, лицом вниз, рядом с противоположным берегом, в 120 метрах от места расположения одежды. Силами присутствующих тело было извлечено из водоема и сразу было сообщено в дежурную часть ОМВД по городу Югорску. Прибывшая в 19 часов 15 минут на место происшествия оперативно-следственная группа, в состав которой входил судебно-медицинский эксперт, произвела осмотр места и трупа. В ходе осмотра трупа врачом – судебно-медицинским экспертом использованием измерителя параметров RLC АКПП-

6109, оснащенного погружным игольчатым датчиком, произведен замер электрического сопротивления кожного покрова в области передней поверхности грудной клетки. Получены следующие результаты: на частоте 100 Гц – 39,058 Ом; на частоте 10 кГц – 5,91 Ом. Также погружным электрическим термометром произведен замер температуры воды, получен результат 18°C. Кроме того, отмечено отсутствие видимых признаков мацерации кожного покрова. В дальнейшем, в ходе судебно-медицинской экспертизы трупа установлено, что смерть наступила от аспирационного типа утопления в воде.

С помощью созданной программы «DOCSwater 1.0» врачом – судебно-медицинским экспертом произведен расчет длительности пребывания трупа в пресной воде температурой 18°C. Из результатов расчета следует, что труп гражданина Д.М.А. находился в воде не более 4-х часов до момента его извлечения из воды, что полностью согласуется со данными предварительного расследования, указывающими на пребывание трупа в воде около 2 часов 45 минут.

Таким образом, в ходе слепых опытов «in vitro» и судебно-медицинской экспертизы трупа подтверждено, что использование созданных математических выражений, а также компьютерной программы «DOCSwater 1.0» приводит к получению результатов совпадающих с истинными значениями длительности воздействия пресной воды на кожу умершего, а новый импедансометрический способ может быть использован для определения продолжительности пребывания трупа в воде известных температур в соответствии с диапазонами его применимости, детерминированными внешними температурными условиями.

* * *

Резюмируя представленные в данной главе исследования, можно отметить следующее:

– получены уравнения (4.3, 4.5, 4.7), которые являются математическим выражением зависимости длительности пребывания трупа в пресной воде от значения коэффициента дисперсии электропроводности его кожного покрова;

– разработаны неравенства (4.9, 4.10, 4.11), которые в каждом конкретном случае позволяют эксперту оценить погрешность метода, сформировав суждение о длительности пребывания трупа в воде в виде интервала времени, в котором находится искомое значение;

– создана компьютерная программа, ускоряющая использование полученных в процессе работы математических выражений и минимизирующая ошибки при применении созданного импедансометрического диагностического способа.

– проверка вновь созданного импедансометрического способа импедансометрической, выполненная на материале нескольких «слепых опытов», в том числе на реальном объекте конкретной судебно-медицинской экспертизы, показала, что модель действительно работоспособна и позволяет объективизировать экспертный вывод о длительности пребывания трупа в пресной воде установленной температуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании трупа, извлеченного из водоема, важным вопросом, который должен решить врач – судебно-медицинский эксперт, является продолжительность пребывания трупа в воде для ее сопоставления с установленной давностью наступления смерти. Данная процедура выполняется для дополнительного подтверждения основной следственной версии гибели человека в воде от утопления. Однако в экспертной практике встречаются случаи, когда давность наступления смерти представляет собой срок, превышающий установленный экспертом период пребывания трупа в воде, то есть когда в воду был помещен уже мертвый человек. В таких ситуациях достоверное и наиболее точное определение длительности пребывания трупа в воде является крайне важной составляющей быстрого раскрытия преступления.

Несмотря на широкое распространение в судебной медицине биофизических методов исследования, позволяющих объективизировать и выразить в количественном эквиваленте качественные изменения, наблюдаемые в органах и тканях человека, в настоящее время у экспертов отсутствует возможность объективного обоснования срока пребывания трупа в воде.

За основу объективизации оценки степени выраженности изменений в мацерирующемся кожном покрове умершего был выбран метод импедансометрии. Данный биофизический способ фиксации полного сопротивления ткани электрическому току разных частот позволяет оценивать соотношения жидкости и структурных элементов. При этом коэффициент дисперсии электропроводности (КДЭ), являясь безразмерной величиной, рассчитываемый как отношение низкочастотного сопротивления к высокочастотному, дает наиболее четкое представление о способности проведения электрического

тока исследуемой биологической тканью (Онянов А.М., 2008). Кроме того, учитывая, что абсолютные значения электропроводности кожи могут существенно различаться в разных областях тела и при применении отличных по форме и материалу электродов (Улащик В.С., 2017), переход к безразмерной величине позволяет сделать импедансометрический способ независимым от конкретного применяемого аппарата и конструкции токосъемного датчика.

С целью разработки объективного способа установления длительности пребывания трупа в воде на 340 кожных лоскутах, находящихся в моделируемых условиях длительного (до 5 сут.) воздействия пресной воды заданных температурных интервалов, производился мониторинг их полного электрического сопротивления с последующим расчетом КДЭ.

Было установлено, что КДЭ кожного покрова исследуемых объектов по мере увеличения длительности их контакта с водой изменяется по нелинейному закону, и динамика наблюдаемого процесса наиболее достоверно описывается полиномиальным уравнением третьей степени с четырьмя коэффициентами:

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

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

Таким образом, было получено 340 уравнений, описывающих динамику изменения КДЭ кожного покрова, и в каждом конкретном экспериментальном исследовании коэффициенты уравнения (A, B, C и D) различались (Раздел 3.1 Главы 3).

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 уравнений, описывающих каждое экспериментальное наблюдение.

Применением коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена было доказано отсутствие зависимости значения коэффициентов полиномиальных уравнений от возраста умерших (Раздел 3.2 Главы 3).

При проведении парного 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 всех коэффициентов полиномиальных уравнений от половой принадлежности умерших, типа танатогенеза, наличия либо отсутствия в их организме этилового спирта (Разделы 3.3, 3.4, 3.5 Главы 3).

Множественный сравнительный анализа (критерий Ньюмена-Кейлса и Q-критерий Данна) показал, что температура пресной воды, в которой находился труп, влияет на динамику изменения КДЭ его кожи. При этом нами обоснованно были выделены три температурные группы, имеющие достоверные статистические отличия: 1-24°C, 25-30°C и 31-40°C (Раздел 3.6 Главы 3).

Учитывая наличие влияния температуры воды на динамику изменения КДЭ кожного покрова, для каждой из сформированных температурных групп было необходимо построить математическую модель, которая будет с высокой степенью достоверности описывать изучаемый нами процесс.

При построении графиков было выявлено, что коэффициент дисперсии электропроводности кожного покрова по истечении определенного времени пребывания объекта в воде практически перестает изменяться, что указывает на временные ограничения разрабатываемого способа. На наш взгляд, это обусловлено достижением определенного уровня насыщения тканей жидкостью при диффузии пресной воды в исследуемый объект. Для воды температурой 1-24°C период работоспособности метода (до момента достижения предельного уровня насыщения тканей) составил 48 часов, в воде температурой 25-

30°C – 30 часов, а в воде температурой 31-40°C – 18 часов (Раздел 3.6 Главы 3).

В процессе математической формализации зависимости динамики изменения КДЭ кожного покрова от длительности его пребывания в воде было установлено, что при всех температурных режимах указанная зависимость описывается полиномиальным уравнением 2-ой степени (Раздел 4.1 Главы 4):

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

где, y – значение параметра по оси y (значение КДЭ);

x – значение параметра по оси x (время);

A, B, C – коэффициенты полиномиального уравнения.

С помощью пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 23.0» был проведен нелинейный регрессионный анализ, позволивший получить три (в соответствии с выделенными температурными группами) математических уравнения, описывающих зависимость КДЭ кожного покрова трупа от длительности его пребывания в воде, из которых были получены формулы для расчета продолжительности этого периода по значению КДЭ кожного покрова трупа (Раздел 4.2 Главы 4). 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 будет находиться продолжительность воздействия пресной воды на кожный покров трупа (Раздел 4.3 Главы 4).

Для пресной воды температурой от 1°C до 24°C получены следующие выражения:

$$\text{ДПТВ} = 37,333 - \sqrt{|333,333 \times \text{КДЭ} - 854,889|} \quad (3)$$

либо

$$\text{ДПТВ} = \sqrt{|333,333 \times \text{КДЭ} - 854,889|} + 37,333 \quad (4)$$

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

При проверке расчетов выявлено, что формула 4 демонстрирует свою эффективность после 38 часов пребывания объекта в воде температурой от 1°C до 24°C.

Границы доверительного интервала для формул 3 и 4 рассчитываются по следующему неравенству:

$$0,9949 \times \text{ДПТВ}_p - 3,6903 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,9662 \times \text{ДПТВ}_p + 3,6331 \quad (5)$$

Для пресной воды температурой от 25°C до 30°C получены следующие выражения:

$$\text{ДПТВ} = 23,688 - \sqrt{|125 \times \text{КДЭ} - 277,152|} \quad (6)$$

либо

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

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

При проверке расчетов выявлено, что формула 7 демонстрирует свою эффективность только при пребывании объекта в пресной воде температурой 25-30°C после 24-х часового интервала длительности.

Границы доверительного интервала для формул 6 и 7 рассчитываются по следующему неравенству:

$$0,7534 \times \text{ДПТВ}_p - 1,6457 \leq \text{ДПТВ} \leq 0,8666 \times \text{ДПТВ}_p + 2,167 \quad (8)$$

Для пресной воды температурой от 31°C до 40°C получены следующие выражения:

$$\text{ДПТВ} = 17,792 - \sqrt{|83,333 \times \text{КДЭ} - 222,123|} \quad (9)$$

либо

$$\text{ДПТВ} = \sqrt{|83,333 \times \text{КДЭ} - 222,123|} + 17,792 \quad (10)$$

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

При проверке расчетов выявлено, что формула 10 является эффективной только на сроке свыше 18 часов пребывания объекта в пресной воде температурой 31-40°C.

Границы доверительного интервала для формул 9 и 10 рассчитываются по следующему неравенству:

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

Сложность полученных формул и расчетов при определении продолжительности воздействия пресной воды на кожный покров трупа разработанным импедансометрическим способом может привести к ошибкам. Для их исключения была написана компьютерная программа, условно названная нами «DOCSwater 1.0» (Раздел 4.4 Главы 4). Она позволяет проводить расчеты, максимально исключая «человеческий фактор».

Участие судебно-медицинского эксперта в расчете с использованием предлагаемого нами способа заключается в следующих шагах:

- выбор интервала температуры воды, в которой объект пребывал до момента его исследования;
- выбор продолжительности пребывания трупа в воде, ориентировочно установленной на основе макроскопических признаков, выявляемых в ходе экспертного исследования мертвого тела;
- измерение электрического сопротивления кожи трупа на частотах 100 Гц и 10 кГц синусоидального тока и занесение полученных результатов в соответствующие окна программы;
- нажатие кнопки «Расчет».

В текстовом поле программы появится описание интервала, в котором находится длительность пребывания трупа в воде (Рисунок 5.1), рассчитанная предлагаемым нами способом.

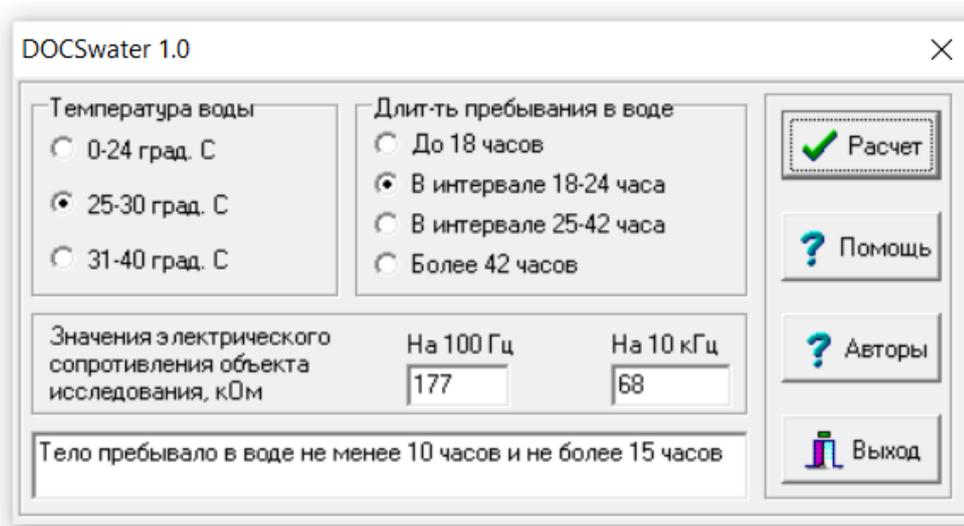


Рисунок 5.1. Интерфейс программы «DOCSwater 1.0»

Проверка работоспособности изложенной выше методики была проведена в 5-и «слепых опытах» и одной практической судебно-медицинской экспертизе (Раздел 4.5 Главы 4). Результаты использования разработанного импедансометрического способа определения длительности пребывания трупа в пресной воде определенной температуры совпадали с известной либо установленной следственным путем длительностью пребывания исследуемых объектов в воде, что позволило прийти к заключению о возможности использования созданного способа в практической 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 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_p).

9. Полученное значение ДПТВ_p 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, М. И. Судебная медицина. Издание пятое / М. И. Авдеев. – Москва: Госюриздат, 1960. – 539 с.
2. Акбашев, В. А. Дифференциальная диагностика кровоподтеков и трупных пятен методом определения коэффициента их теплопроводности / В. А. Акбашев, И. А. Ледянкина // Актуальные аспекты судебной медицины. – Ижевск: «Экспертиза», 2001. – № 7. – С. 90-92.
3. Акбашев, В. А. Объективизация оценки кровоподтеков методом определения коэффициента их теплопроводности / В. А. Акбашев, А. Ю. Вавилов, И. А. Ледянкина // Проблемы экспертизы в медицине. Научно-практический журнал. –Ижевск: «Экспертиза», 2001. – № 1. – С. 35-37.
4. Акбашев, В. А. Теплофизические свойства кровоподтеков как диагностический критерий прижизненности и давности их причинения / В. А. Акбашев, В. И. Витер // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2002. – № 3. – С. 37-39.
5. Алтаева, А. Ж. Усовершенствование методики обнаружения диатомового планктона в трупе при экспертизе утопления / А. Ж. Алтаева, Ф. А. Галицкий, А. Ш. Айдаркулов. – 2013. – Т. 56, № 1. – С. 35-38.
6. Аминева, Г. М. Биофизическая объективизация прижизненных повреждений мягких тканей на гнилостно трансформированных трупах : специальность 14.03.05 «Судебная медицина» : дис. ... канд. мед. наук / Аминева Галия Минулловна. – Москва, 2022. – 201 с.
7. Андреева, Н. В. Разработка методики прогнозирования с использованием корреляционно-регрессионного анализа / Н. В. Андреева,

М. Ю. Червякова // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 37 (340). – С. 38-45.

8. Асташкина, О. Г. Применение комплекса биохимических и биофизических методов исследования для диагностики причин скоропостижной смерти / О. Г. Асташкина, Н. В. Власова // Медицинская экспертиза и право. – 2009. – № 2. – С. 33-36.

9. Баврина, А. П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных / А. П. Баврина // Медицинский альманах. – 2021. – №1 (66). – С. 64-73.

10. Баврина, А. П., Современные правила применения корреляционного анализа / А. П. Баврина, И. Б. Борисов // Медицинский альманах. – 2021. – №3 (68). – С. 70-79.

11. Богомолов, Д. В. Судебно-медицинская диагностика причины смерти и установление танатогенеза морфологическими методами: метод. реком. / Д. В. Богомолов, И. Н. Богомолова, Б. Н. Кульбицкий [и др.]. – Москва, 2012. – 32 с.

12. Бокариус, Н. С. Первоначальный наружный осмотр трупа / Н. С. Бокариус. – Харьков, 1925. – 541 с.

13. Вавилов, А. Ю. Биофизические методы количественной регистрации в судебно-медицинской науке и практике / А. Ю. Вавилов, А. Р. Поздеев // Современные вопросы судебной медицины и юридической практики. Сборник статей, посвященный 80-летию судебно-медицинской службы Удмуртской республики. – Ижевск: «Экспертиза», 2006. – С.60-66.

14. Вавилов, А. Ю. О возможности применения метода измерения электрического сопротивления при исследовании биологических сред / А. Ю. Вавилов, В. Е. Чирков, А. Р. Поздеев [и др.] // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2004. – №1. – С. 21-23.

15. 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.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32465> (дата обращения: 23.03.2023).

16. Вавилов, А. Ю. Определение давности смерти человека по степени восстановления трупного пятна фотоколориметрическим методом / А. Ю. Вавилов, А. В. Лахно // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – №. 3. – С. 164-164.

17. Вавилов, А. Ю. Современные биофизические методы количественной регистрации в судебно-медицинской науке и практике / А. Ю. Вавилов, А. А. Халиков // Медицинский вестник Башкортостана. – 2007. – Т. 2, №. 1. – С. 50-56.

18. Вавилов, А. Ю. Судебно-медицинская диагностика давности смерти тепловыми методами : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : дис. ... д-ра. мед. наук / Вавилов Алексей Юрьевич. – Москва, 2009 – 377 с.

19. Вавилов, А. Ю. Судебно-медицинские аспекты посмертной термодинамики / А. Ю. Вавилов, А. А. Халиков, О. В. Щепочкин. – Ижевск: «Экспертиза», 2004. – 80 с.

20. Вавилов, А. Ю. Теплофизические параметры тканей внутренних органов человека в раннем постмортальном периоде для целей определения давности наступления смерти термометрическим способом : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Вавилов Алексей Юрьевич. – Москва, 2000. – 24 с.

21. Витер, В. И. Особенности микрокристаллизации и электропроводности ликвора у лиц, погибших в результате острой коронарной недостаточности / В. И. Витер, А. Р. Поздеев, Т. Р. Закиров [и др.] // Судебная медицина: новое в науке и практике: сб. науч. тр. – 2002. – С.153-155.

22. Витер, В. И. Проблема давности смерти в аспекте законов термодинамики / В. И. Витер, В. Ю. Толстолицкий // Современные вопросы судебной медицины и экспертной практики. – Ижевск: Удмуртия, 1991. – Вып. 5. – С. 59-64.
23. Галицкий, Ф. А. Влияние лекарственных препаратов на концентрацию этанола в организме человека / Ф. А. Галицкий, А. В. Деркач // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2003. – № 4. – С. 32-34.
24. Гланц, С. Медико-биологическая статистика : пер. с англ. / С. Гланц; под ред. Н. Е. Бузикашвили, Д. В. Самойлова. – Москва : Практика, 1999. – 459 с.
25. Гржибовский, А. М. Доверительные интервалы для частот и долей / А. М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – № 5. – С. 57-60.
26. Гржибовский, А. М. Корреляционный анализ / А. М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – № 9. – С. 50-60.
27. Гусев, В. Г. Электрические свойства кожного покрова человека / В. Г. Гусев, А. Ю. Демин, Т. В. Мирина // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – Уфа, 2008. – Том 10, №1. – С. 180-190.
28. Гусенцов, А. О. Обнаружение трупа в воде: особенности проведения осмотра места происшествия и назначения судебно-медицинской экспертизы / А. О. Гусенцов // Уголовный процесс и криминалистика: история и современность: криминалист. чтения памяти заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, д-ра юридических наук, проф. Н. И. Порубова : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 3 дек. 2015 г.). – Минск, 2015. – Ч. 2. – С. 82–85.
29. Дидковская, С. П. Мацерация кожи в судебно-медицинском отношении / С. П. Дидковская // Вторая расширенная научная конференция. Киевское отделение УНОСМ и К. – Киев, 1958. – С. 72-73.

30. Едомский, Е. А. Медико-криминалистические аспекты осмотра и экспертизы трупа при подозрении на утопление / Е. А. Едомский // Актуальные проблемы правового регулирования, организации и тактики производства следственных действий // Сборник научных трудов / Под редакцией М. М. Горшкова, А. Б. Соколова, А. Р. Сысенко. – Омск : Образование информ, 2022. – Выпуск 1. – С. 43-46.

31. Емельянов, А. С. Диагностика давности смерти по величине электрического сопротивления периферических нервов : специальность 14.03.05 «Судебная медицина» : дис. ... канд. мед. наук / Емельянов Алексей Сергеевич. – Ижевск, 2021. – 196 с.

32. Жульжик, Е. А. Диагностика утопления в современной судебной медицине / Е. А. Жульжик // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – № 4. – С. 191–195; URL: <http://e-koncept.ru/2015/15127.htm/> (дата обращения 02.02.2023).

33. Ильин, В. П. Методические особенности применения t-критерия Стьюдента в медико-биологических исследованиях / В. П. Ильин // Acta Biomedica Scientifica. – 2011. – №5. – С. 160-161.

34. Калаев, В. Н. Регрессионный анализ в биологических исследованиях / В. Н. Калаев, Е. А. Калаева, А. П. Преображенский [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2007. – Т. 6. – № 3. – С. 755-759.

35. Кильдюшов, Е. М. Диагностика давности наступления смерти термометрическим способом (в раннем посмертном периоде) / Е. М. Кильдюшов, А. Ю. Вавилов. – Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2011. – 344 с.

36. Ковалева, М. С. Определение давности образования кровоподтеков методом импедансометрии : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф дис. ... канд. мед. наук / Ковалева Маргарита Сергеевна. – Москва, 2006. – 24 с.

37. Ковалева, М. С. Определение давности образования кровоподтеков методом импедансометрии / М. С. Ковалева, А. А. Халиков, А. Ю. Вавилов // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2006. – № 3. – С. 15-19

38. Кокорин, П. А. Работа судебно-медицинского эксперта на месте происшествия при обнаружении трупа в воде / П. А. Кокорин, А. Б. Лимеров // Байкальский медицинский журнал. – 2011. – № 1. – С. 186-188.

39. Кононова, С. А. Диагностика давности телесных повреждений бесконтактным термометрическим методом : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Кононова Светлана Анатольевна. – Москва, 2010. – 29 с.

40. Конорева, А. К. Определение прижизненности и давности повреждений на трупах, извлечённых из водоёмов / А. К. Конорева, С. В. Хасанянова // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск : Экспертиза, 2010. – №3-4. – С. 55-56.

41. Корнилова, А. С. Метод ранговой корреляции и его применение / А. С. Корнилова, Р. А. Никонова, Д. Р. Дрягина // Современные инновации: теоретический и практический взгляд : матер. VIII Междунар. науч.-практич. конф. – М.: Проблемы науки, 2018. – С. 52-53.

42. Коротун, В. Н. К вопросу о классификации условий, обстоятельств и причин смерти при погружении человека в воду и от ее воздействия / В. Н. Коротун // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза». 2008. – № 3-4. – С. 28-30.

43. Коротун, В. Н. Эпидемиология утоплений в Пермском крае (1998-2007 гг.) / В. Н. Коротун, Н. А. Наумова // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2008. – № 2. – С. 16-18.

44. Крыштановский, А. О. Ограничения метода регрессионного анализа / А. О. Крыштановский // Социология: методология, методы, математические модели. – 2000. – № 12. – С. 96-112.

45. Крюков, В. Н. Руководство по судебной медицине / В. Н. Крюков, И. В. Буромский. – М.: Норма: ИНФРА-М, 2014. – 656 с.

46. Куликов, А. В. Оценка погрешности измерения давности наступления смерти микропроцессорным прибором с терморезистивным датчиком / А. В. Куликов, Е. А. Коновалов, А. Ю. Вавилов // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2006. – №1. – С. 7-9.

47. Лаврукова, О. С. К изучению динамики импеданса тканей трупа в позднем посмертном периоде / О. С. Лаврукова, Е. Л. Казакова, Е. А. Никитина [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – Т. 64, № 2. – С. 23-27.

48. Лазарева, Н. А. Судебно-медицинское значение изменения волос при решении вопроса длительности пребывания тела в воде / Н. А. Лазарева, И. А. Волосевич // Медицина завтрашнего дня : Материалы XIX межрегиональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Чита, 19–22 мая 2020 года. – Чита : Читинская государственная медицинская академия, 2020. – С. 299-300.

49. Лапач, С. Н. Основные проблемы построения регрессионных моделей / С. Н. Лапач, С. Г. Радченко // Математические машины и системы. – 2012. – № 4. – С. 125-133.

50. Лахно, А. В. Фотоколориметрическая объективизация давности наступления смерти, основанная на динамике восстановления трупного пятна : специальность 14.03.05 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Лахно Артемий Владимирович. – Ижевск, 2021. – 160 с.

51. Ледянкина, И. А. Определение давности наступления смерти по изменению оптической плотности стекловидного тела : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ледянкина Ирина Анатольевна. – Москва, 2006. – 24 с.

52. Ледянкина, И. А. Судебно-медицинская диагностика давности смерти по оптической плотности стекловидного тела / И. А. Ледянкина, А. М. Онянов. – Ижевск, 2007. – 100 с.

53. Литвинова, Ю. Н. Возможности дифференциальной диагностики давности и прижизненности повреждений кровеносных сосудов тупыми предметами / Ю. Н. Литвинова // Проблемы диагностики давности, прижизненности и последовательности механических повреждений: тез. докл. к XV пленуму правления ВНОСМ. – Барнаул, 1978. – С. 100-102.

54. Литвинова, Ю. Н. Некоторые морфологические и биофизические изменения стенок магистральных сосудов в зависимости от сроков их повреждения / Ю. Н. Литвинова // Вопросы судебной медицины и экспертной практики. – 1973. – Вып. 5. – С. 309-311.

55. Лузин, А. В. К вопросу об определении типа танатогенеза и темпа наступления смерти при массивной кровопотере / А. В. Лузин, Д. В. Богомолов, М. Я. Баранова [и др.] // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2004. – №3. – С. 14-16.

56. Лябзина, С. Н. Экология комплекса некрофильных беспозвоночных Северо-Запада европейской части России : специальность 03.02.08 «Экология» : автореф. дис. ... д-ра. биол. Наук / Лябзина Светлана Николаевна. – Москва, 2018. – 50 с.

57. Ляхов, А. О. Утопление в пресной воде, современные аспекты диагностики (обзорная статья) / А. О. Ляхов, В. В. Хохлов // Смоленский медицинский альманах. – Смоленск, 2017. – №3. – С. 123-126.

58. Мамуров, Б. Ж. Регрессионный анализ как средство изучения зависимости между переменными / Б. Ж. Мамуров, Ж. Ж. Абдуллаев // European science. – 2021. – № 2 (58). – С. 7-10.

59. Маркелова, Н. Г. Комплексная биофизическая диагностика давности кровоподтеков у живых лиц : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : дис. ... канд. мед. наук / Маркелова Наталия Геннадьевна. – Москва, 2008. – 143 с.

60. Матышев, А. А. Осмотр трупа на месте его обнаружения: Руководство для врачей / А. А. Матышев. – Л. : Медицина, 1989. – 264 с.

61. Мельников, Ю. Л. Судебно-медицинское определение времени наступления смерти / Ю. Л. Мельников, В. В. Жаров. – М., «Медицина», 1978. – 168 с.

62. Мудров, В. А. Алгоритмы регрессионного анализа в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS / В. А. Мудров // Забайкальский медицинский вестник. – 2020. – №. 2. – С. 177-190.

63. Найденова, Т. В. Установление давности следов крови на вещественных доказательствах фотокolorиметрическим методом : специальность 14.03.05 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Найденова Татьяна Владимировна. – Ижевск, 2013. – 206 с.

64. Наумов, Э. С. Экспертная система диагностики острого отравления (для целей судебно-медицинской практики) : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Наумов Эдуард Сергеевич. – Москва, 2000. – 24 с.

65. Недугов, Г. В. Численный метод решения двойных экспоненциальных моделей охлаждения трупа при установлении давности наступления смерти / Г. В. Недугов // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 25-28.

66. Никифоров, Я. А. Определение давности смерти по изменению электрического сопротивления почек и ахилловых сухожилий : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Никифоров Янис Афоньевич. –Ижевск, 2003. – 24 с.

67. Новиков, П. И. Судебно-медицинская диагностика давности наступления смерти способом моделирования посмертного процесса изменения температуры трупа : специальность 14.00.24 «Судебная медицина»: дис. ... д-ра мед. наук / Новиков Петр Иванович. – Москва, 1986. – 245 с.

68. Носов, М. М. Изучение некоторых электрофизических свойств жировой ткани в посмертном периоде при работе с источником постоянного тока / М. М. Носов, Е. М. Кильдюшов, Э. В. Туманов и др. // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – Т. 64, № 3. – С. 29-33.

69. О персональных данных : Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. 27.12.2019) // СПС Консультант Плюс [электронный ресурс] - URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 03.03.2021).

70. О погребении и похоронном деле : Федеральный закон от 12.01.1996 № 8-ФЗ (ред. от 30.04.2021) // СПС Консультант Плюс [электронный ресурс] - URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 10.07.2021).

71. О трансплантации органов и (или) тканей человека : Закон РФ от 22.12.1992 N 4180-1 // СПС Консультант Плюс [электронный ресурс] - URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 11.05.2021).

72. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации : Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 02.07.2021) // СПС Консультант Плюс [электронный ресурс] - URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.09.2021).

73. Онянов, А. М. Динамика импедансометрических показателей стекловидного тела в позднем постмортальном периоде : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф дис. ... канд. мед. наук / Онянов Александр Михайлович. – Москва, 2008. – 25 с.

74. Онянов, А. М. Некоторые аспекты диагностики давности смерти в позднем посмертном периоде / А. М. Онянов, А. А. Халиков. – Ижевск-Пермь-Уфа, 2008. – 92 с.

75. Определение Конституционного Суда РФ от 10.02.2016 N 224-О «Об отказе в принятии к рассмотрению жалобы граждан Бирюковой Татьяны Михайловны, Саблиной Елены Владимировны и Саблиной Нэлли Степановны на нарушение их конституционных прав статьей 8 Закона Российской Федерации "О трансплантации органов и (или) тканей человека» // СПС Консультант Плюс [электронный ресурс] - URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 03.03.2021).

76. Орлов, А. И. Вероятностно-статистические модели корреляции и регрессии / А. И. Орлов // Научный журнал КубГАУ. – 2020. – №160. – С. 130-162.

77. Панченко, И. В. Взаимодействие следователя и судмедэксперта как основной этап в расследовании утоплений / И. В. Панченко // Вестник Сибирского юридического института МВД России. – № 2 (4). – Красноярск, 2009. – С. 151-154.

78. Пат. 946498 Союз Советских Социалистических Республик. Способ определения давности пребывания трупа в воде / Ш. А. Селимханов, Р. М. Юсуфов; заявитель и патентообладатель Ш. А. Селимханов, Р. М. Юсуфов. – № 2813821/28-13; заявл. 27.06.1979; опубл. 30.07.1982, Бюл. № 28. – 2 с.

79. Пашина, Г. А. Биофизические методы исследования в судебной медицине / Г. А. Пашина, Г. Н. Назаров. – Ижевск: «Экспертиза», 1999. – 178 с.

80. Пермяков, А. В. Судебно-медицинская гистология. Руководство для врачей. (Издание второе, переработанное и дополненное). / А. В. Пермяков, В. И. Витер, Н. И. Неволин. – Ижевск-Екатеринбург : «Экспертиза», 2003. – 214 с.

81. Пиголкин, Ю. И. Комплексная оценка возрастных изменений кожи / Ю. И. Пиголкин, С. Б. Ткаченко, Г. В. Золотенкова [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. – 2018. – Т. 61, № 3. – С. 15-18.

82. Пиголкин, Ю. И. Методологические основы определения возраста человека / Ю. И. Пиголкин, Г. В. Золотенкова, Д. П. Березовский // Судебно-медицинская экспертиза. – 2020. – Т. 63, №3. – С. 45-50.

83. Пиголкин, Ю. И. Судебная медицина: национальное руководство / Ю. И. Пиголкин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 576 с.

84. Пироженков, С. А. Особенности производства осмотра трупа на месте его обнаружения (происшествия) в свете законодательных новелл / С. А. Пироженков, Д. С. Серебров // Юридическая наука и практика : Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2012. – №18. – С. 104-109.

85. Плаксин, В. О. Биофизические методы исследования в судебно-медицинской практике / В. О. Плаксин [и др.] // Лабораторные методы исследования в судебной медицине и задачи судебно-медицинской науки и практики по их совершенствованию. – Ижевск, 1994. – С. 83-86.

86. Поздеев, А. Р. Судебно-медицинский анализ клинико-фармакологических дефектов лечебной помощи больным в премортальный период : специальности 14.00.24 «Судебная медицина», 14.00.25 «Фармакология, клиническая фармакология» дис. ... докт. мед. наук / Поздеев Алексей Родионович. – Ижевск, 2007. – 262 с.

87. Полиданов, М. А. Критерий Стьюдента: возможности применения в клинической медицине / М. А. Полиданов, И. С. Блохин, И. В. Щербакова // Modern Science. – 2020. – № 3-1. – С. 305-308.

88. Померанцев, А. Л. Методы нелинейного регрессионного анализа для моделирования кинетики химических и физических процессов : специальность 01.04.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» : дис. ... д-ра. физ.-мат. наук / Померанцев Алексей Леонидович – Москва, 2003. – 304 с.

89. Пономарев, А. Б. Методология научных исследований : учеб. пособие / А. Б. Пономарев, Э. А. Пикулева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 186 с.

90. Попов, В. Л. К обоснованию выбора модельного объекта для исследования динамики импеданса в посмертном периоде / В. Л. Попов, Е. Л. Казакова, О. С. Лаврукова // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – Т. 64, № 5. – С. 36-40.

91. Попов, Н. В. Основы судебной медицины. Пособие для студентов медицинских институтов / Н. В. Попов. – М.-Л.: Медгиз, 1938. – 592 с.

92. Потемкин, А. М. Судебно-медицинская оценка случаев утопления в ванне / А. М. Потемкин, Е. В. Солохин, Д. В. Горностаев // Судебно-медицинская экспертиза. – 2013. – Т. 56, № 1. – С. 31-34.

93. Прозоровский, В. И. Судебная медицина / В. И. Прозоровский. – М.: «Юридическая литература», 1968. – 368 с.

94. Райский, М. И. Судебная медицина / М. И. Райский. – М.: Медгиз, 1953. – 466 с.

95. Руководство по судебной медицине / Под ред. В. В. Томилина, Г. А. Пашиняна. – М.: Медицина, 2001. – 576 с.

96. Саадалов, Т. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, и их области применения / Т. Саадалов, Р. Мырзаibraимов, Ж. Д. Абдуллаева // Бюллетень науки и практики. – 2021. – Том 7, №10. – С. 270-276.

97. Сагидуллин, Р. Х. Биофизическая объективизация выраженности мышечного (трупного) окоченения и его механического разрешения : специальность 14.03.05 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Сагидуллин Рафаэль Хамитович. – Москва, 2018. – 24 с.

98. Садртдинов, А. Г. Фотоколориметрическая диагностика давности смерти на поздних сроках посмертного периода : специальность 14.03.05 «Судебная медицина» : дис. ... канд. мед. наук / Садртдинов Алик Гаделянович. – Уфа, 2017. – 165 с.

99. Самойличенко, А. Н. Судебная медицина. Толковый словарь терминов и понятий / А. Н. Самойличенко. – Сургут : Дефис, 2006. – 420 с.

100. Сахарчук, А. И. Степень алкогольного опьянения в контексте ответственности по статье 3171 Уголовного кодекса / А. И. Сахарчук // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. D, Экономические и юридические науки. – 2007. – № 10. – С. 223-226.

101. Сашин, Е. Д. Исследование электропроводности перикардальной жидкости как дополнительный критерий диагностики кардиального типа тапатогенеза / Е. Д. Сашин // Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы. Взгляд молодых ученых: материалы IX Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, студентов, ординаторов, аспирантов, молодых ученых, посвященной году науки и технологий в Российской Федерации, (30 апреля 2021 г., Пермь) / под ред. К. В. Шевченко, Д. В. Бородулина. – Пермь, 2021. – 64-66.

102. Светлаков, А. В. Термин «Утопление» в судебной медицине / А. В. Светлаков, З. В. Давыдова // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск : Экспертиза, 2012. – №3-4. – С. 37-38.

103. Селимханов, Ш. А. Определение давности нахождения трупа в морской воде по диффузии воды в толщу волос / Ш. А. Селимханов, Р. М. Юсуфов // Судебно-медицинская экспертиза. – М.: Медицина, 1974. – № 3. – С. 14-15.

104. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления : ГОСТ Р 7.0.11-2011 // Каталог национальных стандартов // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [электронный ресурс] - URL: <https://www.rst.gov.ru/> (дата обращения 10.05.2023)

105. Смольянинов, В. М. Судебная медицина: Учебник / В. М. Смольянинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1982. – 464 с.

106. Сундуков, В. А. Судебно-медицинская экспертиза утопления / В. А. Сундуков – Астрахань, 1986. – 65 с.

107. Татаринцев, А. В. Основные причины дефектов диагностики и лечения абдоминальной хирургической инфекции / А. В. Татаринцев, Е. Х. Баринов, В. И. Ярема [и др.] // Медицинская экспертиза и право. – 2011. – № 2. – С. 27-29.

108. Теньков, А. А. Судебно-медицинская экспертиза трупа в поздние сроки постмортального периода : (гниение, жировоск, мумификация, оценка повреждений) : монография / А. А. Теньков, В. О. Плаксин; Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Кур. гос. мед. ун-т Федер. агентства по здравоохранению и соц. развитию". – Курск : Изд-во Курского государственного медицинского университета, 2005. – 419 с.

109. Теньков, А. А. Судебно-медицинская экспертиза трупа в поздние сроки постмортального периода (комплексное морфологическое и биофизическое исследование) : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : дис. ... д-ра. мед. наук / Теньков Александр Афанасьевич. – Курск, 2006. – 316 с.

110. Титаренко, Е. Н. Возрастные изменения кожного покрова. Возможность их использования в судебно-медицинской практике / Е. Н. Титаренко, И. В. Власюк // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск : Экспертиза, 2014. – №2-3. – С. 34-37.

111. Томилина, Л. А. Биофизические изменения мягких тканей как судебно-медицинские критерии определения давности и прижизненности повреждений при экспертизе расчлененного трупа : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : дис. ... канд. мед. наук. – Барнаул, 1979. – 157 с.

112. Улащик, В. С. Электрические свойства кожи: значение для действия лечебных физических факторов / В. С. Улащик // Новости медико-биологических наук. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 90-96.

113. Халиков, А. А. Диагностика и значение давности механической травмы в клинике и судебной медицине на примере травм печени, гематом селезенки и кровоподтеков кожи : специальности 14.01.17 «Хирургия», 14.03.05

«Судебная медицина» : автореф. дис. ... д-ра. мед. наук / Халиков Айрат Анварович. – Уфа, 2013 – 40 с.

114. Халиков, А. А. Значение биофизических исследований в проблеме диагностики давности механической травмы / А. А. Халиков, В. И. Витер // Медицинская экспертиза и право. – 2011. – № 6. – С. 38-41.

115. Халиков, А. А. Морфобиофизическая диагностика давности причинения кровоподтеков / А. А. Халиков, Н. М. Маркелова, А. Ю. Вавилов // Морфологические ведомости. – 2008. – № 3-4. – С. 223-225.

116. Халиков, А. А. О возможности биофизической объективизации повреждений мягких тканей на гнилобно трансформированных трупах / А. А. Халиков, Г. М. Аминова // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск: «Экспертиза», 2015. – №4. – С. 59-60.

117. Хвалева, Н. А. Утопление. Диагностика наступления смерти при утоплении / Н. А. Хвалева, А. С. Добрынин, С. Э. Видревич [и др.] // Конкурс лучших студенческих работ : сборник статей XI Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 05 декабря 2021 года. – Пенза : Наука и Просвещение, 2021. – С. 191-194.

118. Хохлов, В. В. Судебная медицина: Руководство / В. В. Хохлов, Л. Е. Кузнецов. – Смоленск, 1998. – 800 с.

119. Хохлов, С. В. Диагностика прижизненных образований кожных ран методом определения коэффициента теплопроводности : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Хохлов Сергей Вячеславович. – Москва, 2001. – 20 с.

120. Целуйко, С. С. Морфофункциональная характеристика дермы кожи и ее изменения при старении (обзор литературы) / С. С. Целуйко, Е. А. Малюк, Л. С. Корнеева, Н. П. Красавина // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2016. – № 60. – С. 111-116.

121. Ципковский, В. П. Осмотр места происшествия и трупа на месте его обнаружения / В. П. Ципковский. – Киев : Государственное медицинское издательство УССР, 1960 г. – 320 с.

122. Чайка, С. Ю. Судебная энтомология : Учеб. пособие / С. Ю. Чайка: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Москва : МАКС Пресс, 2003. – 60 с.

123. Чикун, В. И. Значение диатомового анализа при судебно-медицинском исследовании трупов для подтверждения диагноза утопления / В. И. Чикун, Н. В. Хлуднева, С. Л. Парилков // Вестник судебной медицины. – 2014. – Т. 3, № 2. – С. 33-35.

124. Чикун, В. И. К вопросу установления места и времени утопления в пресной воде на основе результатов диатомового анализа / В. И. Чикун, В. И. Лысый, А. Ю. Карачев, Ю. В. Шаройкин // Сибирский медицинский журнал. – Иркутск, 2005. – Т. 57, № 7. – С. 68-72.

125. Чирков, С. В. Объективизация объема и давности повреждений некоторых мягких тканей челюстно-лицевой области : специальность 14.00.24 «Судебная медицина» : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Чирков Сергей Викторович. – Ижевск, 2016. – 23 с.

126. Шамурзаев, Т. Т. Использование знаний в области гидрологии при розыске трупов / Т. Т. Шамурзаев, А. Н. Архипова, В. Н. Туркова // Закон и право. – 2019. – № 1. – С. 144-146.

127. Шанченко, Н. И. Лекции по эконометрике : учебное для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (в экономике)» / Н. И. Шанченко. – Ульяновск : УлГТУ, 2008 – 139 с.

128. Шепитько, В. И. Возрастные аспекты строения кожи лица человека / В. И. Шепитько, Г. А. Ерошенко, О. Д. Лисаченко // Мир медицины и биологии. – 2013. – Т. 9, № 3-2 (40). – С. 91-97.

129. Яковлев, В. Б. Регрессионный анализ. Расчеты в Excel и Statistica: учебное пособие / В. Б. Яковлев. – Москва: РУСАЙНС, 2018. – 178 с.

130. Armstrong, E. J. Investigation of Drowning Deaths: A Practical Review / E. J. Armstrong, K. L. Erskine // *Academic Forensic Pathology*. – 2018. – Vol. 8, № 1. – P. 8-43.

131. Bloch-Bogusławska, E. The effect of the duration of corpse immersion on the occurrence of selected morphological findings / E. Bloch-Bogusławska, A. Paradowska, K. Piecyk // *Archiwum Medycyny Sadowej i Kryminologii*. – 2008. – Vol. 58, № 4. – P. 155-159.

132. Byard, R. W. Putrefaction: an additional complicating factor in the assessment of freshwater drownings in rivers / R. W. Byard // *Journal of forensic sciences*. – 2018. – Vol. 63, № 3. – C. 899-901.

133. Cartozzo, C. Postmortem submersion interval (PMSI) estimation from the microbiome of *sus scrofa* bone in a freshwater river / C. Cartozzo, T. Simmons, J. Swall [et al.] // *Forensic Science International*. – 2021. – Vol. 318; [electronic resource] - URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/forensic-science-international>.

134. Dalal, J, Seasonal study of the decomposition pattern and insects on a submerged pig cadaver / J. Dalal, S. Sharma, T. Bhardwaj [et al.] // *Journal of Forensic and Legal Medicine*. – 2020. – Vol. 74; [electronic resource] - URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-forensic-and-legal-medicine>.

135. Finkelbergs, D. Bacterial succession in microbial biofilm as a potential indicator for postmortem submersion interval estimation. / D. Finkelbergs, J. Guo, Y. Huang [et al.]. // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 13; [electronic resource] - URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology>.

136. Furuno, J. Studies on the floating corpses in water. Report 2. Especially on water temperature, depth of water and heavy load which interfere with floating / J. Furuno // *Nihon hoigaku zasshi = The Japanese journal of legal medicine*. – Tokyo, 1965. – Vol. 19, № 5. – P. 396-399.

137. Furuno, J. Studies on the floating of corpses in water. Report 3. Actual cases which demonstrated floating time of the drowned corpse / J. Furuno // *Nihon*

hoigaku zasshi = The Japanese journal of legal medicine. – Tokyo, 1965. – Vol. 19, № 5. – P. 400-407.

138. Guo, J. J. Research progress of aquatic corpse decomposition and post-mortem submersion interval estimation / J. J. Guo, X. L. Fu, J. F. Cai. // Fa yi xue za zhi. – China, 2019. – Vol. 35, № 4. – P. 459-466.

139. Heaton, V. Predicting the postmortem submersion interval for human remains recovered from U.K. waterways / V. Heaton, A. Lagden, C. Moffat [et al.] // Journal of Forensic Sciences. – 2010. – Vol. 55, № 2. – P. 302- 307.

140. Humphreys, M. K. Comparison of protocols for measuring and calculating postmortem submersion intervals for human analogs in fresh water / M. K. Humphreys, E. Panacek, W. Green [et al.] // Journal of forensic sciences. – 2013. – Vol. 58, № 2. – C. 513-517.

141. Humphreys, M. K. Examination of histological samples from submerged carrion to aid in the determination of postmortem submersion interval. / M. K. Humphreys, E. Panacek, W. Green [et al.] // American Journal of Forensic Medicine and Pathology. – 2013. – Vol. 34, № 1 – P. 75-79.

142. Kalia, Y. N. Biophysical study of porcine ear skin in vitro and its comparison to human skin in vivo / Y. N. Kalia, F. Pirot, R. O. Potts [et al.] // Journal of pharmaceutical sciences. – 2002. – T. 91, № 11. – C. 2376-2381.

143. Lee, S-Y. Potential forensic application of receptor for advanced glycation end products (RAGE) and aquaporin 5 (AQP5) as novel biomarkers for diagnosis of drowning / S-Y Lee, E-J. Ha, H-W. Cho [et al.] // Journal of Forensic and Legal Medicine – 2019. – Vol.62. –P. 56-62.

144. Li, X. Relationship between water temperature and floating time of aquatic cadavers / X. Li, Y. P. Zhou, S. W. He [et al.] // Fa yi xue za zhi. – China, 2022 – Vol. 38.– № 1. – P. 82-85.

145. Palazzo, C. Application of aquatic decomposition scores for the determination of the post mortem submersion interval on human bodies recovered from the Northern Adriatic Sea / C. Palazzo, G. Pelletti, P. Fais [et al.] // Forensic Science

International. – Vol. 318. – 2021; [electronic resource] - URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/forensic-science-international>.

146. Pirtle, D. Barnacle colonization of shoes: Evaluation of a novel approach to estimate the time spent in water of human remains / D. Pirtle, P. A. Magni, G. W. Reinecke [et al.] // *Forensic Science International*. – 2019. – Vol. 294. – P. 1-9.

147. Potts, R. O. The influence of stratum corneum morphology on water permeability / R. O. Potts, M. L. Francoeur // *Journal of Investigative Dermatology*. – 1991 – Vol. 96. – № 4. – P. 495-499.

148. Ruxton, G. D. The unequal variance t-test is an underused alternative to Student's t-test and the Mann–Whitney U test / G. D. Ruxton // *Behavioral Ecology*. – 2006. – Vol. 17. – P. 688–690.

149. Simonsem, J. Determination of the time of death by continuous post-mortem temperature measurements / J. Simonsem, J. Voigt, N. Jeppensen // *Medicine, Science and the Law*– 1977. – Vol. 17. – № 2. – P. 112-122.

150. Thakar, M. K. Diatomological mapping of water bodies for the diagnosis of drowning cases / M. K. Thakar, S. Rajvinder // *Journal of Forensic and Legal Medicine*. – 2010. – Vol. 17, № 1. – P. 18-25.

151. van Daalen, M. A. An aquatic decomposition scoring method to potentially predict the postmortem submersion interval of bodies recovered from the North Sea / M. A. van Daalen, D. S. de Kat., B. F. Grotebevelsberg [et al.] // *Journal of Forensic Sciences*. – 2017 – Vol. 62. – № 2. – P. 369-373.

Описание и характеристики измерителя RLC параметров АКИП-6109

Измеритель RLC параметров АКИП-6109 – это портативный многофункциональный цифровой прибор, предназначенный для измерения сопротивления (R), индуктивности (L) и емкости (C) электрической цепи на разных частотах электрического тока. Измерение импеданса в данном приборе основано на анализе прохождения тестового сигнала с заданной частотой через цепь, обладающую сопротивлением и последующим его сравнением с опорным напряжением.

Измеритель RLC параметров АКИП-6109 изготавливается фирмой «CHANGZHOU EUCOL ELECTRONIC TECHNOLOGY CO.LT», располагающейся в Китайской народной республике. Доступен для покупки через сеть-интернет, стоимость составляет около 30000 рублей.

Таблица 1

Технические характеристики измерителя параметров RLC АКИП-6109

Характеристики	Параметры	Значение
ИЗМЕРЕНИЕ RLC	Сопротивление (R, Z)	0,1 мОм...10000 МОм
	Емкость (C)	0,001 пФ...20000 мФ
	Индуктивность (L)	0,001 мкГн...1000,0 Гн
	Добротность (Q)	0,0001...9999
	Тангенс угла потерь (D)	0,0001...9,999
	Фазового сдвига (ϕ)	-179,9°...+179,9°
	Погрешность измерения	Базовая ±0,1%
	Скорость измерения	2 измерения/сек. (МЕДЛЕННО) 5 измерений/сек. (СРЕДНЕ) 10 измерений/сек. (БЫСТРО)
ТЕСТ СИГНАЛ	Частота тест-сигнала (фиксированная)	100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц
	Уровень тест-сигнала	0,6 ВСКЗ (фиксированный)
	Выходное сопротивление	100 Ом (постоянное)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ	Режим индикации измерений	Абсолютное значение, мин./средн./ макс. измерение
	Интерфейс для связи с ПК	USB (виртуальный последовательный порт)
ДИСПЛЕЙ	Тип индикатора	ЖК индикатор с подсветкой содержит: основной экран (R, Z, L, C), дополнительный экран (Q, D, □, ESR), индикаторы параметров режима измерения
	Формат индикации	5 разрядов на основном экране (40.000) 4 разряда на дополнительном экране
ОБЩИЕ ДАННЫЕ	Условия эксплуатации	0°C ...40°C, относительная влажность до 90%
	Напряжение питания	Аккумулятор Ni-Mh 7,2 В (600 мА*ч) или сеть 220В/50Гц через адаптер 9 В (150 мА)
	Потребляемый ток	25 мА (1 кГц, нагрузка 100 Ом); 2 мкА (питание откл.)
	Время работы	24 часа с отключенной подсветкой дисплея
	Время и ток заряда	80 мин./ 150 мА
	Автоотключение	5/ 15/ 30/ 60 мин., либо отключено
	Габаритные размеры	192x93x44 мм
	Масса	460 г
	Комплект поставки	руководство по эксплуатации, 4-хпроводный измерительный кабель с 2-мя «крокодилами», аккумулятор, адаптер питания, короткозамыкатель, диск с ПО
	Опции	Кабель USB (IC-700), щуп для SMD-компонентов, 4-хпроводный измерительный кабель с 4-мя «крокодилами»

Данный тип средства измерения утвержден приказом № 106 от 12.02.2014 года Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, и имеет свидетельство, выданное 20.02.2014 года, а приказом Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии от 07.12.2018 № 2601 его срок действия продлен до 07.12.2023 года (Рисунок 1).



Рисунок 1. Свидетельство об утверждении типа средств измерений

Меры предосторожности при использовании:

Для исключения возможности поражения электрическим током:

- не подавать на измерительный вход напряжение больше 30 В эфф. / 30 В пост.,
- не использовать измерительные провода с поврежденной изоляцией,
- соблюдать меры безопасности и осторожности при работе с напряжением 30 В перем. / 42 В перем. пик. / 60 В пост. и выше – это опасно для жизни!