

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-71-80>

КОМПЛЕКСНАЯ МИКРОБНО-ЗООЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОСТМОРТАЛЬНОГО ПЕРИОДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

О. С. Лаврукова^{1*}, Н. А. Сидорова¹, И. А. Толмачев², А. Н. Приходько³,
С. В. Шигеев⁴

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет», пр. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, 185910, Россия

² Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, 194044, Россия

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Республики Карелия «Бюро судебно-медицинской экспертизы», ул. Л. Толстого, д. 38, г. Петрозаводск, 185003, Россия

⁴ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Бюро судебно-медицинской экспертизы Департамента здравоохранения города Москвы», Тарный проезд, д. 3, г. Москва, 115516, Россия

Аннотация

Цель: комплексная микробно-зоологическая характеристика постмортального периода.

Материалы и методы:

- **микробиологические** исследования — исследованный материал был выделен из трупов трех видов животных — свиньи домашней (*Sus scrofa domestica*) массой 50–100 кг, кур домашних (обожженных и необожженных) (*Gallus gallus*) массой 1,5–2 кг и домовых мышей (*Mus musculus*) массой 80 г, трупов людей и их костных останков, более 1000 изолятов микроорганизмов;

- **энтомологические** исследования — исследованный материал был выделен из трупов людей и их костных останков (17), свиней (10), кур домашних (32), представителей класса Млекопитающие (20), всего из 79 объектов, 32 394 насекомых;

- **изучение** повреждений, причиненных некоторыми позвоночными животными — 34 трупа человека и его костных останков.

Результаты. Определены основные тенденции процесса микробного разложения мертвых тел, имеющего важное значение для диагностики давности наступления смерти в ходе судебно-медицинской экспертизы. Дана общая характеристика разложения трупа некрофильными насекомыми. Установлено влияние термического фактора (высокой температуры) на микробиологические и энтомологические особенности разложения трупов. Рассмотрены анатомо-топографические и морфологические особенности повреждений трупов некоторыми позвоночными животными.

Заключение. Полученные результаты доказывают наличие тесной взаимосвязи между целями судебно-медицинской экспертизы и микробными процессами, происходящими при разложении трупов, а также воздействием насекомых и позвоночных-падальщиков.

Ключевые слова: судебно-медицинская экспертиза, микрофлора трупа, некрофильные насекомые, позвоночные-падальщики

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лаврукова О.С., Сидорова Н.А., Толмачев И.А., Приходько А.Н., Шигеев С.В. Комплексная микробно-зоологическая характеристика постмортального периода при производстве судебно-медицинской экспертизы. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2019; 26(3): 71–80. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-71-80>

Поступила 13.03.2019

Принята после доработки 05.04.2019

Опубликована 26.06.2019

COMPLEX MICROBIAL-ZOOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE POSTMORTEM PERIOD DURING THE PRODUCTION OF FORENSIC MEDICAL EXAMINATION

Olga S. Lavrukova^{1,*}, Natalia A. Sidorova¹, Igor A. Tolmachev², Andrey N. Prikhodko³, Sergey V. Shigeev⁴

¹Petrozavodsk State University, Lenin Ave., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia

²S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Academician Lebedev str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia

³Bureau of Forensic Medical Examination, L. Tolstoy str., 38, Petrozavodsk, 185003, Russia

⁴Bureau of Forensic Medical Examination of the Department of Healthcare of the City of Moscow, Tarny passage, 3, Moscow, 115516, Russia

Abstract

Aim. To provide a complex microbial-zoological characteristics of the postmortem period.

Materials and methods: *Microbiological studies:* material for examination was isolated from three species of animals, including domestic pig (*Sus scrofa domestica*) weighing 50-100 kg, domestic chickens (burnt and unburnt) (*Gallus gallus*) weighing 1.5–2 kg and house mice (*Mus musculus*) weighing 80 g. In addition, human corpses, bone remains and over 1000 microorganism isolates were investigated. *Entomological studies:* material for examination was isolated from human corpses and their bone remains (17), pigs (10), chickens (32), representatives of the mammalian class (20), 79 objects in total. 32394 insects were investigated. *Studies of injuries caused by certain vertebrates:* 34 human corpses and their bone remains were examined.

Results. Main trends in the microbial decomposition of dead bodies have been determined, which are of great practical significance for the diagnosis of the remoteness of death during the course of forensic medical examination. General characteristics of the process of corpse decomposition by necrophilous insects are given. The effect of the thermal factor (high temperature) on the microbiological and entomological features of corpse decomposition has been established. Anatomical, topographical and morphological features of injuries caused by some vertebrates have been determined.

Conclusion. Our results prove the existence of a close relationship between the objects of forensic medical examination and the microbial processes that occur during the decomposition of corpses and under the action of insects and scavengers.

Keywords: forensic medical examination, corpse microflora, necrophilous insects, vertebrate scavengers

Conflict of Interest: The authors have stated that there is no conflict of interest.

For citation: Lavrukova O.S., Sidorova N.A., Tolmachev I.A., Prikhodko A.N., Shigeev S.V. Complex Microbial-Zoological Characteristics of the Postmortem Period During the Production of Forensic Medical Examination. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*. 2019; 26(3): 71–80. (In Russ., English abstract). <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-71-80>

Submitted 13.03.2019

Revised 05.04.2019

Published 26.06.2019

Введение

На основе анализа научной литературы установлено, что изучение динамики постмортальных изменений мертвого тела является одной из актуальных проблем судебно-медицинской танатологии. Выяснение закономерностей, происходящих в посмертном периоде, напрямую связано с определением продолжительности этого периода и, соответственно, давности смерти. Дополнительные трудности возникают в тех случаях, когда объект исследования находится в состоянии гнилостных изменений или скелетированных останков с минимальным количеством мягких тканей. Это обусловлено тем, что сроки посмертной трансформации тела за счет гнилостных процессов, уничтожения тканей трупа насекомыми и позвоночными-падальщиками, наконец, его скелетирования и фрагментации крайне вариабельны. В этой связи представляется актуальным комплексное сопоставление результатов традиционных методов исследования трупа и методов исследования последствий действия микрофлоры, энтомофауны и позвоночных-падальщиков. Полученные данные позволят экспертам более точно и объективно реконструировать условия посмертного периода с использованием микробно-зоологических критериев.

Целью настоящей работы являлась комплексная микробно-зоологическая характеристика постмортального периода.

Материал и методика микробиологических исследований. Для проведения микробиологического анализа материал отбирали из трупов свиней домашних (*Sus scrofa domestica*, Linnaeus, 1758) массой 50–100 кг, кур домашних (обожженных и необожженных) (*Gallus gallus*, Linnaeus, 1758) массой 1,5–2 кг и домовых мышей (*Mus musculus*, Linnaeus, 1758) массой 80 г. Все эксперименты проводили с соблюдением соответствующих этических норм и правовых документов (заключение Комитета по медицинской этике при МЗ и СР РК и Петрозаводском государственном университете № 35 от 6 ноября 2015 года).

Микрофлору ложа трупа и фрагментов органов и тканей экспериментальных животных (84 пробы, более 1000 изолятов микроорганизмов) отбирали как из поверхностных, так и глу-

боких (5–15 см) тканей тела, в наибольшей степени подвергающихся микробной контаминации. Фрагменты трупов животных и пробы почвы в зоне ложа трупа помещали в асептических условиях в пробирки со стерильной транспортной средой (5 мл) для дальнейшего исследования. Посмертную микрофлору с костных останков и копыт трупов свиней отбирали методом смывов. Параллельно измеряли температуру и кислотность трупа и окружающей среды.

Для выделения и идентификации фирмикутных и грациликутных бактерий в составе некробиома использовали диагностические наборы «Микро-ЦИЛЬ-НИЛЬСЕН-НИЦФ», «Микро-ГИНС-НИЦФ», «Микро-ЦИТОХРОМОКСИДАЗА-НИЦФ», «Микро-КАТАЛАЗА-НИЦФ», «Микро-ЖЕЛАТИНАЗА-НИЦФ», короткий ряд Гисса, сульфатредуцирующий агар, среды Блаурокка и Китт-Тароцци. При таксономической идентификации учитывали морфологические, тинкториальные и биохимические признаки с использованием алгоритма определения вида.

Протеолитическую активность и свойства представителей доминантных видов некробиома (*Pseudomonas sp.*, *Bacillus mycoides*, *Bac. subtilis*, *Clostridium putrificum* и *Cl. sporogenes*), выделенных в чистую культуру, изучали на разных стадиях путрификации трупа свиньи, обожженных и необожженных трупах кур. При интерпретации полученных данных учитывали основные показатели окружающей среды на момент отбора проб.

Сукцессию микроорганизмов, входящих в состав некробиома, изучали в условиях естественных и антропогенно измененных территорий. В каждом биоценозе и в каждой функциональной зоне обитания бактерий выбирали случайно от трех до пяти пространственно-удаленных точек, выполняя стратифицированный случайный отбор микрофлоры кожи, костей, копыт, шерсти, мягких тканей трупа или ложа трупа. В условиях асептики каждый образец помещали в транспортную среду и доставляли в лабораторию.

Сукцессию доминантных групп микроорганизмов, т.е. последовательную закономерную смену одного биологического сообщества другим, в процессе путрификации оценивали по динамике

7 эколого-трофических профилей: протеолитики, целлюлозолитики, азотфиксаторы, олигонитрофилы, олигокарбофилы, прототрофы, сульфатредукторы. Принадлежность к эколого-трофическим профилям устанавливали на основе использования микроорганизмами различных источников азота и углерода в составе питательных сред. Дополнительно для участвующих в сукцессии эколого-трофических групп микроорганизмов трупа и ложа трупа определяли биохимические показатели.

Материал и методика энтомологических исследований

Для проведения комплексных энтомологических исследований служил материал, собранный с трупов различных животных (мелких, средних и крупных) и человека.

Изучение некрофильных организмов на трупах крупных животных проводилось в течение 2015–2016 гг. на территории охотничьего хозяйства, где, согласно трехстороннему соглашению о сотрудничестве от 20 июня 2015 года между Петрозаводским государственным университетом, Бюро судебно-медицинской экспертизы Республики Карелия и Карельской региональной общественной организацией военных охотников и рыболовов, были разложены трупные приманки — десять трупов свиней массой 50–100 кг, которых умертвили на скотобойне традиционным способом так, чтобы не нарушить анатомическую целостность кожных покровов трупа. Они были использованы как модели разложения трупа человека [1, 2]. Объекты были размещены в различных биотопах.

За период исследования изучена 14 331 особь взрослых насекомых (жуков, мух и др.). Кроме того, в течение периода исследования собрано около 5% от всех присутствующих на трупе, в его ложе и пойманных в ловушки личинок некрофильных насекомых. Исключением являлись муравьи, которые в течение всего времени наблюдений находились в большом количестве и поэтому учитывалось только их присутствие. Было выведено 5127 особей, всего изучено насекомых имагинальных и преимагинальных стадий развития — 19458.

При изучении сообщества некрофильных двукрылых и условий его формирования на различных территориях северо-западного региона России для определения видового и количественного состава мух на эфемерных субстратах было применено оригинальное устройство для изучения видового и количественного состава двукрылых на эфемерных субстратах.

Также некрофильный материал разных стадий развития (яйца, личинки, пупарии) был собран

с 17 трупов людей, найденных в помещениях и вне их за период с октября 2014 года по октябрь 2017 года. Для сбора и транспортировки энтомологических образцов с места обнаружения трупа разработана специализированная укладка для сбора и транспортировки энтомологических образцов с места обнаружения трупа.

Изучение особенностей разложения подвергшихся воздействию пламени (обугленных) трупов проводили на тушках домашних кур массой 1,5–2 кг в условиях городской экосистемы. Всего было проаннотировано три варианта в двух повторностях весной и летом 2016 года. Интервал наблюдения составлял 6 часов. С объектов собирали насекомых, около 20% от присутствующих на трупе, с периодичностью 2–3 дня. Всего было выведено 645 особей.

Изучение разложения трупа в воде проводили по оригинальной методике, позволяющей обеспечить полноценные исследования по определению видового и количественного состава водных и наземных некрофильных животных, участвующих в утилизации мертвого субстрата, а также постановку экспериментов при заданных условиях (регулирование глубины погружения приманки и длительности ее нахождения в воде, проведение в разные сезоны года, моделирование дополнительных состояний и др.). В озерах видовой состав и процессы разложения изучали в прибрежной литорали (приливно-отливная зона) на расстоянии более 1 м от береговой линии.

Суммарные сведения о проанализированном со всех типов объектов энтомологическом материале представлены в таблице 1.

Материал и методика изучения повреждений, причиненных некоторыми позвоночными животными

Повреждения, причиненные посмертно различными позвоночными-падальщиками, изучали в отделе судебно-медицинской экспертизы трупов Бюро судебно-медицинской экспертизы Республики Карелия при исследовании 34 тел человека и его костных останков. Использовали визуальный, измерительный, сравнительно-анатомический, анатомо-морфологический, фотографический и рентгенографический методы.

Результаты и обсуждение

В результате исследований, проведенных на трупах экспонируемых животных в течение 58 суток, из микрофлоры трупа и ложа трупа выделено в чистую культуру 50 таксонов, из которых до вида определены 39. Выделенные микроорганизмы отнесены к 7 типам, 17 порядкам,

Таблица 1. Сводные данные по собранному энтомологическому материалу
Table 1. Summary data on collected entomological material

Исследованные биообъекты и их количество (шт.)	Количество отмеченных особей в отрядах (шт.)				
	жуки	мухи	перепончатокрылые (муравьи*)	тараканы	всего изучено насекомых на объектах
Труп человека — 17	–	557	+	+ (**)	557
Труп свиньи — 10	8931	10507	+	20	19458
Труп кур домашних — 32	1409	2670	+	–	4079
Трупы мышей — 25	Энтомологический материал не собирался				
Представители класса Млекопитающие (разложение в воде, изучение биологии и экологии мухи мертвых) — 20	3653	4647	–	–	8300
Всего 79	Всего 13993	Всего 18381	+	Всего 20	Всего изучено на объектах 32394

Примечание: * — наличие/отсутствие в большом количестве; ** — по данным Бюро судебно-медицинской экспертизы Республики Карелия.

Note: * — presence/absence in great amount; ** — according to the data of the Bureau of Forensic Medical Examination of the Republic of Karelia.

19 семействам и 24 родам. Установлено, что разнообразие идентифицированных отделов *Firmicutes* и *Gracilicutes* зависит от вида экспериментального животного, размеров трупа, биотопа его расположения, а также интенсивности и сроков разложения. Наибольшее обилие таксонов бактерий описано для трупов свиней (24 рода), а наименьшее — для трупов куриц (19 родов). Выявлена закономерность: чем специфичнее условия среды, тем беднее биоразнообразие бактерий в составе некробиома и выше численность отдельных физиологических групп или эколого-трофических профилей, принимающих активное участие в разложении трупного материала. Это протеолитики, целлюлозолитики, азотфиксаторы, прототрофы и сульфатредукторы. В составе исследуемых микробных сообществ не выявлено олигонитрофилов и олигокарбофилов, что означает незавершенность процессов микробной минерализации органического вещества к завершению эксперимента.

Для выделенных бактерий описаны ферментативные свойства. Каждую эколого-трофическую группу представляли таксоны, которые имеют определенный набор ферментов, активирующийся на ранней или поздней стадии разложения трупов. Основными ферментами, участвующими в разложении на ранних стадиях, являются протеазы, фосфатаза, гликолитические ферменты, а субстратом для них — органические соединения (белки, углеводы и полисахариды). На поздней стадии в процесс включаются нитрогеназа, контролирующая процесс восстановления моле-

кулярного азота; декарбоксилаза ароматических аминокислот; нитратредуктаза, контролирующая восстановление нитратов до нитритов и сульфатредуктаза бактерий, катализирующая восстановление сульфитов.

Судебно-медицинское значение полученных экспериментальных данных по закономерностям изменения состава эколого-трофических профилей некробиома заключается в том, что из всех изученных параметров ферментативная активность микроорганизмов является наиболее чувствительным критерием, позволяющим разработать альтернативные подходы к объективной оценке срока наступления смерти. При разложении трупа ведущая роль принадлежит микроорганизмам, контролирующим гнилостный распад белковых веществ, или аммонификацию. С помощью мониторинга микробного пейзажа трупного материала установлена относительная стабильность ведущей микрофлоры, ответственной за процессы аммонификации белков в составе исследуемых образцов трупа и его ложа. Среди аммонификаторов в составе посмертного микробиома свиньи домашней обнаружено 10 протеолитически активных штаммов, а в составе некробиома кур домашних и домашней мыши — 8. В результате изучения активности протеолитических ферментов бактерий выяснено, что наибольшая способность вызывать аммонификацию белка трупного материала свойственна представителям рода *Bacillus*, *Clostridium* и *Pseudomonas*. Среди них выделены доминирующие, малочисленные и редкие виды бактерий. Определено, что в процессе разложения труп-

ной органики при снижении общего числа видов обилие отдельных таксонов резко повышается и наиболее конкурентоспособные получают возможность беспрепятственно размножаться.

Установлено, что наибольшей протеолитической активностью обладают *Pseudomonas sp.*, *Bacillus mycoides*, *Bac. subtilis*, *Clostridium putrificum*, *Cl. sporogenes*. При этом каждому виду, участвующему в аммонификации, соответствуют свои, благоприятные для развития абиотические факторы (влажность, температура, pH). Так, *Bac. subtilis* по отношению к температуре является термофилом, кислотности — алкалофилом, влажности — мезофитом. *Bac. mycoides* по температурному фактору является мезофилом, по кислотности — нитрофилом, по влажности — мезофитом. *Cl. sporogenes* по отношению к температуре является мезофилом, по отношению к кислотности среды — нитрофилом, влажности — мезофитом. *Cl. putrificum* — психрофилы по температурному фактору, по кислотности — нейтрофилы, по влажности — мезофиты. Характерно, что большинство видов в составе некробиома приспособлены к обитанию в условиях с достаточной влажностью и трупный материал на ранних и поздних сроках постмортального периода является оптимальной средой обитания для их развития. По отношению к температуре, большинство видов отнесены к мезофилам, что объясняется постоянной динамикой температуры трупа от высокой до низкой, что является важным элективным условием для развития конкретных видов. Значения кислотности в зависимости от длительности постмортального периода изменяются от кислых (5,5) до нейтральных (7,0) и щелочных (8,2), что и дает преимущества для развития или нитрофилам и нейтрофилам, или алкалофилам.

Комплексность процесса разложения особенно прослеживается в природных условиях, где в него включаются микроорганизмы, грибы, водоросли, насекомые, позвоночные животные, а также абиотические факторы. В результате изучения энтомофауны трупа установлена структура видов, колонизирующих мертвые тела различных млекопитающих, проанализирована динамика их развития в отдельных биотопах Республики Карелия, сукцессия в процессе разложения, отличия по видовому и количественному составу.

На трупах свиней выявлено 99 видов насекомых, относящихся к 26 семействам и 5 отрядам. Из них на долю жесткокрылых приходится две трети — 65 видов из 10 семейств, двукрылых несколько меньше — 28 видов из 9 семейств, остальные отряды представлены незначительным числом. В массе на трупах отмечены типич-

ные голарктические виды жуков *Necrobia violacea*, *Sciodrepoides watsoni*, *Aleochara curtula*, *Atheta aeneipennis*. Среди мух высокая численность у *Protophormia terraenovae*, *Hydrotaea dentipes*, *Parapiophilus vulgaris* и *Stearibia nigriceps*.

В ельнике черничном отмечено 93 из 99 видов насекомых. Кроме общих доминирующих видов здесь также преобладали жуки *Atheta paracrassicornis*, *Philonthus politus*, *Tachinus laticollis* и мухи *Sepsis punctum*. Некробионтов, типичных для данного типа биоценоза, оказалось 23 вида, причем большая часть из них — это жесткокрылые.

На лугу выявлено 76 из 99 видов некрофильных насекомых. Свойственных данному типу биоценоза отмечено 6 видов. Это объясняется тем, что для некоторых видов открытые биоценозы являются более предпочтительными станциями местообитания, чем лес. Например, поверхностно-падальные жуки рода *Thanatophilus* имеют выраженную биотопическую приуроченность к открытым ландшафтам. Среди навозников на лугу отмечены два вида — обыкновенный (*Geotrupes stercorarius*) — встречается редко — и лесной (*Geotrupes stercorosus*) — наоборот, многочислен на трупах крупных животных.

Таким образом, установлено, что энтомокомплекс трупов крупных животных на территории южной Карелии не отличается от других регионов, например Центральной Европы, Северной Америки, Китая и др. [3–7], по структуре и доминированию отрядов. Однако изучение фауны на трупах крупных животных позволило значительно дополнить состав сообщества, выявленный ранее по югу Карелии, определить, что между лесными и луговыми биоценозами имеется сходство по видовому составу некрофильных насекомых, а различия выражены главным образом среди жесткокрылых.

В естественных условиях близость состава между биотопами делает возможным быстрое обнаружение трупа, так как мертвые ткани являются источником пищи для многих насекомых, и в процесс разложения вовлечено большое их количество с различной трофической специализацией. На трупе могут встречаться некрофаги, сапрофаги, кератофаги, кожееды, хищники, паразитоиды и случайные, мигрирующие в поисках пищи, «посетители». Такое обилие пищевых взаимоотношений способствует наиболее полной утилизации органического вещества.

В процессе деструкции происходит и последовательная смена разных по питанию групп насекомых. Изначально встречаются некрофаги, далее зоофаги и паразитоиды, сукцессию завер-

шают сапрофаги и кератофаги. У большинства из них отмечена меж- и внутривидовая конкуренция за субстрат, так как некробионтам необходимо как можно быстрее найти труп и его монополизировать. Эти данные имеют принципиальное значение для судебной медицины, так как на физиологических характеристиках развития доминирующих видов насекомых основана методика определения продолжительности посмертного периода.

Необходимо также учитывать и местонахождение объекта, потому что некробионтный состав на трупах, найденных в помещениях, отличается от тех, что находились в условиях внешней среды, где тоже есть свои особенности разложения. В лесу, например, отмечено большее число видов, однако процесс разрушения тела идет медленнее, чем на лугах. Но во всех биоценозах в процесс вовлечено значительное количество некробионтов, которые осуществляют полную деструкцию гниющих тканей. При разложении происходит изменение как тканей трупа, так и связанного с этим количественного и видового состава некрофильных насекомых.

Каждому этапу разложения трупа соответствовал свой видовой состав микробной фауны и некрофильных мух, что позволяет высказываться о продолжительности посмертного интервала.

Прослеженная нами стадийность биологического разложения, конечно, не охватывает всех его вариантов и применима только к трупам, имеющим доступ для насекомых, но без доступа позвоночных-падальщиков. В иных случаях возможны и другие варианты его декомпозиции, такие как гниение в чистом виде (микробиологическое разложение), формы с участием микроорганизмов, насекомых и позвоночных животных, воздействие факторов, вызывающих консервацию экосистемы трупа.

Мухи имеют существенное судебно-медицинское значение, так как именно они первыми обнаруживают и заселяют труп и являются основной группой насекомых, вызывающих его деструкцию и осуществляющих его утилизацию. Вездесущность двукрылых и их большая численность в значительной степени связаны с огромными адаптивными возможностями их личинок.

В результате изучения сообщества некрофильных двукрылых и условий его формирования в населенных пунктах Северо-Запада России выявлены 13 видов некрофильных мух, относящихся к 4 семействам. Массовых видов отмечено пять — *P. terraenovae*, *Calliphora vicina*, *Lucilia caesar*, *L. silvarum*, *L. illustris*, в мень-

шем числе встречались виды из родов *Muscina*, *Fannia* и *Sarcophaga*. У большинства выявленных видов личинки являются факультативными некробионтами.

Основу энтомокомплекса трупа составили представители семейства Calliphoridae, которые обладают экологической пластичностью по отношению к абиотическим и антропогенным факторам. Например, на Севере России они не испытывают техногенного воздействия, в Финляндии они хорошо адаптированы к северным условиям. Насекомые в Арктике не подвергаются влиянию очень низких температур, которые могут являться для них решающим фактором, ограничивающим распространение, они находят множество подходящих укрытий для перенесения этих критических условий.

Проанализировав условия формирования сообщества некрофильных мух, установили, что оно не имеет географической специфики в пределах Северо-Запада России, а основным условием его морфогенеза являются сезон и локальные погодные условия.

При исследовании некрофильных мух, выведенных с трупов людей, установлены 9 видов из 4 семейств. Обильно встречались *C. vicina*, *L. caesar* и *P. terraenovae*, а *C. vomitoria* и *F. canicularis* были представлены немногими особями.

Видовой состав некрофильных мух, колонизирующих трупы людей в помещении и в лесной зоне, отличался — в первом случае установлено 8 видов мух, в то время как во втором только 5. Это объясняется тем, что в условиях урбанизации более успешными становятся экологически пластичные виды с широким спектром питания. Преобладают в этой среде виды, по трофике личиночной стадии являющиеся факультативными некрофагами и связанные в своем развитии и с другими разлагающимися субстратами (отходами, фекалиями и т.п.). Полученные сведения имеют важное судебно-медицинское значение и используются в Республике Карелия при расследовании случаев насильственной смерти.

Некрофильных мух на термически обработанных трупах кур домашних отмечено 3 вида, а в контроле установлены 6, причем массовым в обоих случаях являлась *C. vicina*. Отмечена сезонная динамика заселения: в мае на труп массово встречалась *C. vicina*, а в июне — *L. illustris* и *L. caesar*.

Жуков на приманках зафиксировано 12 видов (на обгорелых — 7 видов, в контроле — 12). Кроме

того, термически не обработанные трупы кур домашних с первых дней и до конца эксперимента активно посещали муравьи родов *Myrmica* и *Lasius*, а на обугленных трупах в небольшом количестве встречались лишь муравьи рода *Myrmica*.

Из особенностей заселения насекомыми обгорелых трупов отмечено, что первые яйца мух на них во всех случаях появлялись позже и первыми их обнаруживали каллифориды, так как они более активны в поисках субстрата, чем другие некробионты, и облигатные виды жуков некрофагов (*T. sinuatus*, *O. thoracica*). Кроме того, на обгорелых трупах гораздо раньше появлялась группа кератофагов (*N. violacea*). В экспериментах не установлено существенных различий в скорости утилизации данных трупов.

На примере гидролиза казеина протеолитическими ферментами доминантных видов микробиома обожженных и необожженных трупов выявлена разная чувствительность белка к микробной ферментации — наиболее эффективными оказались протеолитически активные штаммы *Cl. sporogenes* с тканей трупов, подвергшихся воздействию открытого пламени. У необожженных максимальная эффективность гидролиза казеина установлена для *Vac. mycoides*. Эти данные указывают на специфичность метаболизма некробиома, выражающуюся в разной степени контаминации объектов и эффективности протеолиза под действием ферментных систем как спорогенных аэробных и анаэробных видов, так и аспорогенных видов микроорганизмов.

При исследовании состава водных некробионтов получены данные, что и в воде трупы активно заселяются беспозвоночными-некробионтами. В озерах и мелких бессточных водоемах на территории Республики Карелия на трупах отмечены 47 видов некробионтов из 6 классов и 4 типов, среди которых имеются важные в судебно-медицинском отношении виды. В большем количестве на трупах встречались такие беспозвоночные, как черви (планарии, большая ложноконская пиявка), насекомые (комары-звонцы, жуки-плавунцы), моллюски (прудовик, шаровка). В разложении трупов принимали участие и насекомые-некробионты наземной фауны (личинки мясной мухи новоземельской и саркофагид, жук-блестянка и жук-костоед), рыбы.

В водной, как и в наземной среде, во время разложения наблюдалась последовательная смена населения трупа, и в воде озер оно происходило быстрее ввиду большего видового разнообразия некробионтов. В небольших водоемах на трупах отмечено лишь обилие пиявок и ракообразных.

Описаны характерные повреждения, наносимые водными некробионтами при длительном нахождении трупа в воде.

При изучении участия в разрушении трупов крупных и мелких млекопитающих в условиях естественных биоценозов и помещений отмечено, что, например, для грызунов труп человека может являться кормовой базой. Однако ввиду отсутствия значительных отличий в строении зубов мышей и крыс, дифференцировка по их видовой принадлежности невозможна. Грызуны преимущественно повреждают мягкие ткани и поверхностно кости, а синантропные грызуны не проникают в полости тела и не устраивают там гнезда. Отмечено, что одежда и количество ее слоев препятствуют повреждению трупа грызунами.

Морфологическая картина посмертных повреждений трупа собаками имеет специфику: достаточно полно отображаются признаки воздействия зубов и когтей животного, его механизм, что позволяет высказаться об условиях их образования.

Домашние кошки объедают мягкие ткани открытых участков тела и лица, иногда на значительной площади. Края образующихся дефектов неровные, крупно- или мелкофестончатого вида, подсохшие, в окружности их отмечено наличие ран по типу укулов антистеплера с параллельными царапинами, образующимися в результате воздействия заостренных зубов кошек. В таких случаях не установлено каких-либо других источников питания для животного, кроме трупа.

Раны, причиненные птицами, по своим морфологическим признакам характеризовались как рвано-ушибленные, а их размеры, особенности краев и стенок были характерны для причинения клювами птиц. Подтверждено, что повреждения, наносимые как птицами, так и некоторыми другими позвоночными животными, могут в некоторых случаях иметь сходство с повреждениями от различных орудий, например, колюще-режущих предметов.

Полученные микробно-зоологические данные использованы при проведении комплексных судебно-медицинских и энтомологических экспертиз, проводимых с целью определения давности наступления смерти и реконструкции условий посмертного периода. Данный факт подтверждает актуальность рассмотренной проблемы и необходимость разработки новых методик для характеристики позднего посмертного периода, в том числе и с использованием биологических объектов (микроорганизмов, некрофильных насекомых, простейших и др.).

Заключение

1. Настоящая работа затронула только три фактора, влияющих на разрушение трупа в позднем посмертном периоде.

2. Полученные результаты доказывают наличие тесной взаимосвязи между воздействием на трупы позвоночных-падальщиков и некрофильных насекомых, а также микробными процессами, происходящими при их разложении.

3. Постмортальная микробиология является новой областью исследований и требует проведения более тщательных экспериментальных изысканий для полного анализа структуры ми-

кробного сообщества как инструмента объективной оценки посмертного интервала. Дальнейшее изучение микрофлоры костных останков позволит выйти за рамки эмпирического подхода и получить объективно измеряемые переменные, применимые как для ретроспективных, так и для экспериментальных исследований в области судебной медицины.

4. Необходимость учитывать многофакторность процесса разрушения трупа делает нетривиальной экспертную задачу определения давности наступления смерти в поздний посмертный период и требует дальнейших комплексных исследований.

Благодарности

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания 17.7416.2017/8.9.

Выполнено в рамках реализации Программы развития опорного университета ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» на период с 2017 по 2021 год.

Коллектив авторов приносит благодарность доценту кафедры зоологии и экологии ИБЭАТ ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» Лябзиной С. Н. за участие в реализации идеи, помощь в определении насекомых-некробионтов.

Список литературы / References

1. Matuszewski S., Bajerlein D., Konwerski S., Szpila K. An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Sci. Int.* 2008; 180(2-3): 61–69. DOI: 10.1016/j.forsciint.2008.06.015
2. Šuláková H., Barták M. Forensically important Calliphoridae (Diptera) associated with animal and human decomposition in the Czech Republic: preliminary results. *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*. 2013; 62: 255-266. DOI: 10.2478/cszma-2013-0024
3. Grassberger M., Frank C. Initial study of arthropod succession on pig carrion in a Central European urban habitat. *J. Med. Entomol.* 2004; 41(3): 511–523. DOI: 10.1603/0022-2585-41.3.511
4. Matuszewski S., Szafałowicz M. Temperature-dependent appearance of forensically useful beetles on carcasses. *Forensic Sci. Int.* 2013; 229(1-3): 92-99. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.03.034
5. Matuszewski S., Frątczak K., Konwerski S., Bajerlein D., Szpila K., Jarmusz M., Mađra A. Effect of body mass and clothing on carrion entomofauna. *Int. J. Legal. Med.* 2016; 130: 221–232. DOI: 10.1007/s00414-015-1145-y
6. Bygarski K., LeBlanc H.N. Decomposition and arthropod succession in Whitehorse, Yukon territory, Canada. *J. Forensic Sci.* 2013; 58(2): 413–418. DOI: 10.1111/1556-4029.12032
7. Lyu Z., Wan L.H., Yang Y.Q., Tang R., Xu L.Z. A checklist of beetles (Insecta, Coleoptera) on pig carcasses in the suburban area of southwestern China: A preliminary study and its forensic relevance. *J. Forensic Leg. Med.* 2016; 41: 42–48. DOI: 10.1016/j.jflm.2016.04.009

Сведения об авторах / Information about the authors

Лаврукова Ольга Сергеевна* — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, патологической анатомии, судебной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Контактная информация: e-mail: olgalavrukova@yandex.ru, тел.: +7 (8142) 76-44-95, +7(911) 404-74-55;

ул. Пархоменко, д. 69, г. Петрозаводск, 185002, Россия.

Сидорова Наталья Анатольевна — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры зоологии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Толмачев Игорь Анатольевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой судебной медицины с моргом Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

Приходько Андрей Николаевич — начальник государственного бюджетного учреждения здравоохранения Республики Карелия «Бюро судебно-медицинской экспертизы».

Шигеев Сергей Владимирович — доктор медицинских наук, начальник государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Бюро судебно-медицинской экспертизы Департамента здравоохранения города Москвы».

Olga S. Lavrukova* — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Anatomy, Topographical Anatomy, Operative Surgery, Pathological Anatomy and Forensic Medicine, Petrozavodsk State University.

Contact information: e-mail: olgalavrukova@yandex.ru, tel.: +7(8142)76-44-95, +7(911) 404-74-55;

Parkhomenko str., 69, Petrozavodsk, 185002, Russia.

Natalia A. Sidorova — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Zoology and Ecology, Petrozavodsk State University.

Igor A. Tolmachev — Dr. Sci. (Med.), Prof., Departmental Head, Department of Forensic Medicine with Morgue, S.M. Kirov Military Medical Academy.

Andrey N. Prikhodko — Head, Bureau of Forensic Medical Examination of the Republic of Karelia.

Sergey V. Shigeev — Dr. Sci. (Med.), Head, Bureau of Forensic Medical Examination of the Department of Healthcare of the City of Moscow.

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author