

## КАТОЛОГИЗАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В СОСТАВЕ МИКРОБИОМА ТРУПА

Сидорова Наталья Анатольевна<sup>1</sup>, Лаврукова Ольга Сергеевна<sup>1</sup>, Лябзина Светлана Николаевна<sup>1</sup>, Приходько Андрей Николаевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» МЗиСР РК, Петрозаводск, Россия

Сидорова Н.А.

185910 Россия, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33

E-mail: [vanlis@petsu.ru](mailto:vanlis@petsu.ru)

**Аннотация.** В статье обобщены данные о микроорганизмах, участвующих в процессе разложения трупа *Sus scrofa domesticus* L., использованного в качестве модели для изучения биологических особенностей механизмов гниения. Представлены результаты по распространению, обилию и разнообразию микромицетов и бактерий, обнаруженных на фрагментах трупа и ложа. Показан потенциал использования микроорганизмов и результатов микробной деструкции органики для определения давности наступления смерти в позднем постмортальном периоде. В частности, установлено, что с увеличением срока разложения трупа снижается видовое разнообразие сообщества бактерий и увеличивается численность отдельных жизненных форм.

**Ключевые слова:** микрофлора трупа, разложение, гниение, аммонификация, давность наступления смерти.

**CATALOGIZATION OF MICROORGANISMS  
IN COMPOSITION OF THE CORPSE MICROBIOME**

**Natalia A. Sidorova<sup>1</sup>, Olga S. Lavrukova<sup>1</sup>, Svetlana N. Lyabzina<sup>1</sup>, Andrey N. Prikhod'ko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

<sup>2</sup> Department of Forensic Medical Expertise of the Ministry of Healthcare, Petrozavodsk, Russia

N. A. Sidorova

33 Lenin str., Petrozavodsk, Russia 185910

E-mail: [vanlis@petsu.ru](mailto:vanlis@petsu.ru)

**Abstract.** The article summarizes data on microorganisms involved in the process of decomposition of a *Sus scrofa domesticus* L. carcass used as a model for studying biological characteristics of the mechanisms of decay. The results on the prevalence, abundance, and diversity of micromycetes and bacteria found in fragments of corpses and in the bed are presented. The potential of microorganisms' usage, as well as application of the outcomes of microbial destruction of organic matter for evaluation of the time of death in the late post-mortal period are shown. In particular, it was revealed that the increase in the duration of decomposition leads to reduction of species diversity in bacterial communities with concomitant increase in the number of certain life forms.

**Keywords:** microflora of a corpse, decay, putrefaction, ammonification, time of death.

## Введение

При анализе проблемы определения давности наступления смерти (ОДНС) многие авторы акцентируют внимание на существовании объективных затруднений, препятствующих установлению реальных сроков наступления смерти (Пермяков, 2000; Вавилов, 2004; Богомолов, 2006; Швед, 2006, Повстаный, 2013). Причина, как правило, заключается в том, что при ОДНС необходимо сразу учитывать комплекс факторов, влияющих на динамику процессов гниения. Это физико-химические факторы: влажность среды и концентрация растворенных в ней веществ; физические факторы: температура окружающей среды, излучение, ультразвук; разнообразные биологические факторы, а также индивидуальные параметры трупа и ряд объективных характеристик, фиксируемых численно (Коршунов, 1996; Korshunov, 2003). Для такого совокупного учета многообразия перечисленных факторов в судебной экспертизе используются различные инструменты. Практикуется методика ОДНС с помощью характеристик индивидуальных теплофизических параметров трупа, принятых в качестве интегративных данных (Henssge, 1979) в математической модели Е.Ф. Шведа (Швед, 2006). Учитываются изменения адгезивных и поглощающих свойств печени (Шевченко, 2000), динамика электрического сопротивления сухожилия (Никифоров, 2003). В зависимости от срока посмертного периода, предлагается применять метод спиновых зондов с использованием стекловидного тела (Ермакова, 2012). Изучается влияние на процесс разложения трупа дополнительного воздействия со стороны насекомых, животных, птиц. На примере видового состава и структуры комплекса членистоногих-некробионтов Южной Карелии описаны некробионты разнообразных трофических групп (некро-, зоо-, керато-, сапрофаги, кожееды, паразитоиды), которые используют разные ткани трупа в зависимости от стадии разложения (Лябзина, 2011). Поскольку обязательным условием процессов разложения органического вещества, а также мумификации и образования жировоска считаются процессы предварительной деструкции органики в период стадии «плато» или «тления» посредством последовательной смены аэробных микроорганизмов на анаэробные, сделана попытка классификации стадий разложения трупа относительно этапов микробной деструкции органики. Н.И. Шевченко с коллегами (Шевченко, 2012) предложил использовать альтернативный подход к стадийности разложения трупа, при котором необходимо учитывать микробиологическую и биохимическую составляющие, взаимосвязь с кислородом и влажностью, а также качественные и морфологические особенности процесса (Таблица 1).

**Таблица 1.** Стадии разложения трупа и их продолжительность (Шевченко, 2012)

№	Стадия	Длительность стадии
1	Аутолиз	1-1.5 суток
2	Стадия нарастания процесса разложения	1.5-4 суток
3	Стадия «цветущего» разложения	5 - 8 суток
4	Стадия «плато» или «тления»	9-14 суток
5	Стадия определения исхода	15 - 30 и более суток
6	Стадия конечного разложения (в зависимости от исхода: микробное разложение, мумификация, жировоск, разложение насекомыми, птицами, животными и их комбинация)	Срок зависит от вида исхода: от 1 месяца до 1-1.5 лет
7	Стадия костных останков	Сотни лет

Комментируя предложенную схему, автор отмечает, что приведенные сроки посмертного периода значительно усреднены и могут считаться объективными для наиболее часто встречающихся условий разложения (среднесуточная температура +18+20°C и нормальная влажность). В то время как для северных территорий, где средняя температура колеблется в интервале 0...+1.5°C; +2 ...+3.4+3.6°C и, в зависимости от характера

циркуляции атмосферы, сильно варьирует и устанавливается на 1-2°C теплее или холоднее нормы, временные интервалы, а также специфика протекания стадий разложения трупа может значительно меняться. В связи с вышесказанным, для разработки дополнительного инструмента судебно-медицинской экспертизы актуальным считается изучение последовательных бактериальных изменений, которые происходят в процессе разложения мертвого тела в зависимости от комплекса средовых факторов. На данный момент исследовательских работ по указанному направлению очень мало, что объясняется техническими сложностями, возникающими при изучении процессов микробного разложения, разнообразием подобных процессов, а также тем, что в природных экосистемах систематические исследования не всегда бывают возможными.

В Республике Карелия изучение комплекса факторов, действующих на процессы разложения трупа в наземной экосистеме, с целью ОДНС ранее не проводилось. Имеются немногочисленные данные по энтомофауне трупов животных в Ленинградской области (Марченко, 1992), но эти сведения касаются лишь отдельных групп насекомых. Описаны видовой состав и структура комплекса членистоногих-некробионтов Южной Карелии (Лябзина, 2011). Отдельные работы посвящены микробиально-биохимическим свойствам почв в различных фитоценотических условиях средней тайги Карелии (Германова, Медведева, 2006). Авторами статьи сделан акцент на своеобразии экологических условий Карелии для развития микроорганизмов, которое определяется недостатком тепла, затрудненной аэрацией, особенно в торфяно-болотных и подзолистых почвах. Среди эколого-трофических групп микроорганизмов описаны олиготрофы и микробные сообщества, связанные своей жизнедеятельностью с превращением азота. Установлено, что для хвойных лесов Карелии структура микробоценоза подстилки в значительной степени обусловлена особенностями химического состава и строения хвои: наличием толстой восковой кутикулы, антибиотических веществ и обогащенностью полифенолами, что ограничивает возможность их колонизации микроорганизмами (Мамай, 2014).

Цель данного исследования заключалась в изучении особенностей сообщества микроорганизмов, заселяющих труп в разные сроки экспозиции. Для достижения поставленной цели выдвинут ряд задач:

1. С помощью модельного объекта изучить микробный пейзаж трупа в разные сроки экспозиции;
2. Провести сравнительный анализ структуры микробного пейзажа по комплексу морфологических, тинкториальных, биохимических и культуральных признаков;
3. Описать доминирующие виды микроорганизмов в процессе разложения трупа.

## **Материалы и методы**

*Характеристика объекта.* В качестве модели разложения трупа человека использовались четыре особи свиньи (*Sus scrofa domesticus* L.) массой 50-70кг. После умерщвления путем тупого механического воздействия животные помещались в исследуемые биотопы, после чего производилось описание состояния трупов, включая: цвет кожных покровов, температуру и наличие повреждений, характер трупных пятен, специфику окоченения. Модельные объекты характеризовались серо-розовым оттенком кожи, были холодные на ощупь, не имели повреждений, трупные пятна были синюшно-багрового цвета, разлитые, расположены на нижних поверхностях тела и конечностях, трупное окоченение было равномерно выражено во всех исследуемых группах мышц.

Исследования проводились в южной части республики Карелия (р-н Лососинное, 61°39' с.ш., 34°01' в.д.) в период 2015–2016 гг. По две трупные приманки были заложены в лесных (ельнике-черничнике) и открытых (лесные луга) биоценозах. В каждом случае трупные приманки помещались в железные клетки размером 100×70×65 см с величиной ячеей 15 см. Дополнительно клетки фиксировались кольями, вбитыми в землю на глубину 50 см. Две приманки были заложены 3 июня, третья – 20 июня и четвертая – 5 октября 2015 г.

*Характеристика биотопа.* Еловые леса представлены елью обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) и елью сибирской (*P. obovata* Ldb.) в составе одной группы леса – ельников-зеленомошников. Возраст биотопа 140 лет. Сомкнутость крон составляет 0.7-0.9, что затрудняет поступление потока солнечной энергии. В составе елового подроста отмечается до 20-30% березы и осины, преобладает крупный подрост высотой более 1 м. Подлесок редкий и сформирован в основном рябиной и можжевельником. В травяно-кустарничковом ярусе отмечаются: черника, брусника, седмичник, грушанка, марьянник и др. Общее проективное покрытие составляет 0.5-0.7. Основной моховой фон представлен: плеуроций Шребера, гилокомий блестящий, реже ритидиадельф трехгранный и дикран морщинистый, проективное покрытие 0.8-0.9. Ельники произрастают преимущественно на подзолистых почвах, умеренно теплых и достаточно увлажненных.

Вырубка (возраст около 20 лет) сформирована на месте ельника, на суглинистых почвах. В зарастающем подросте наблюдалась значительная примесь ивы, березы, реже ели и сосны, высота подроста не более 1 м. В травяном покрове господствуют дерновые злаки, в умеренном количестве кипрейные, в моховом покрове – зеленые мхи. Освещенность хорошая с большой мощностью светового потока.

*Микробиологический анализ.* Пробы микробиомных образцов отбирались на 30 и 136 сутки разложения в асептических условиях и помещались в 30%-ный раствор глицерина для дальнейшего исследования на базе курса микробиологии Медицинского Института ФГБОУ ВО Петрозаводского государственного университета. В лабораторных условиях протестировано 14 образцов, представленных фрагментами кожи, шерсти, костей, копыт животного, а также пробами почвы контроля и ложа трупа. Для изучения количества, морфологического и таксономического разнообразия микроорганизмов использовались методы получения накопительных культур. Первичные посеы выполнялись на основных средах – мясопептонном агаре (МПА), мясопептонном бульоне (МПБ) с индикаторами на  $H_2S$  и  $C_8H_7N$ , дифференциально-диагностической среде Эндо (с лактозой) и Гисса (с глюкозой и маннитом) и на элективных средах – кровяном агаре, глюкозо-минимальной среде (ГМС), среде Китт-Тароцци (для облигатных анаэробов), среде Сабуро (для микромицетов). При таксономической идентификации учитывались морфологические, тинкториальные и биохимические свойства чистых культур с использованием алгоритма определения вида микроорганизмов по определителю Берджи (Хоулт, 1997). Подсчет клеток проводили на бактериальных фильтрах после окраски. Цифровые изображения клеток и колоний получали с помощью микроскопа MOTIC и модульного программного обеспечения ZEN («Carl Zeiss», Германия). На цифровых изображениях фиксированных препаратов измерялись площадь поля зрения и площадь, занимаемая единичными клетками и микроколониями. Рассчитывались доли единичных клеток и микроколоний в площади поля зрения. Для каждого препарата анализировалось не менее 20 случайных полей зрения, полученные результаты усреднялись и оценивались статистически с использованием прикладной программы *Microsoft Excel*.

## Результаты

В результате исследований обнаружены 50 таксонов микроорганизмов, из которых до вида определены – 39 (Таблица 2). Выделенные микроорганизмы отнесены к 7 типам, 17 порядкам, 19 семействам и 20 родам. В структуре грамположительных бактерий обнаружены кокки *Leuconostoc spp.*, *Micrococcus luteus* и *Staphylococcus spp.*, а также бациллярные (*Bacillus mycoides*, *B. subtilis*, *B. punctatum*) и клостридиальные (*Clostridium acetoethylicus*, *C. cellobioparum*, *C. histolyticum*, *C. perfringens*, *C. sporogenes*) палочки. Среди грамотрицательных микроорганизмов описан полиморфный вид *Acidaminococcus fermentans*, монобактерии *Acinetobacter calcoaceticus*, *Anaerorhabdus furcosus*, *Derxia gummosa*, *Mitsuokella multiacidus*. Из грамотрицательных условно патогенных бактерий обнаружено преобладание представителей родов *Proteus* и *Veillonella*.

**Таблица 2.** Таксономическое разнообразие микроорганизмов в составе микробиома трупа *Sus scrofa domesticus* L. и его ложа

<b>До-мен</b>	<b>Класс</b>	<b>Отряд</b>	<b>Семейство</b>	<b>Род</b>	<b>Вид</b>	
<b>Fungi</b>	<i>Ascomy-cota</i>	<i>Helotiales</i>	<i>Sclerotiniaceae</i>	<i>Botryotinia</i>	<i>B. fuckeliana</i>	
		<i>Erysiphales</i>	<i>Erysiphaceae</i>	<i>Oidium</i>	<i>Oidium spp.</i>	
	<i>Mucoro-mycotina</i>	<i>Mucorales</i>	<i>Mucoraceae</i>	<i>Mucor</i>	<i>Mucor spp.</i>	
<b>Bac-teria</b>	<i>Actino-bacteria</i>	<i>Micrococcales</i>	<i>Micrococcaceae</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>M. luteus</i>	
		<i>Bactero-idetes</i>	<i>Bacteroidales</i>	<i>Bacteroidaceae</i>	<i>Anaerorhab-dus</i>	<i>A. furcosus</i>
			<i>Sphingo-bacteriales</i>	<i>Cytophagaceae</i>		
	<i>Firmicutes</i>	<i>Selenomona-dales</i>	<i>Acidamino-coccaceae</i>	<i>Acidamino-coccus</i>	<i>A. fermentans</i>	
					<i>B. cellulosa</i>	
					<i>B. hydrogtnicus</i>	
		<i>Bacillales</i>	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>	<i>B. c. methanicus</i>	
					<i>B. cereus</i>	
					<i>B. mycoides</i>	
					<i>B. subtilis</i>	
					<i>B. putrificus</i>	
					<i>B. punctatum</i>	
		<i>Clostridiales</i>	<i>Clostridiaceae</i>	<i>Clostridium</i>	<i>C. acetoethylicus</i>	
					<i>C. cellobioparum</i>	
					<i>C. histolyticum</i>	
<i>Gamma-proteo-bacteria</i>	<i>Alteromona-dales</i>	<i>Alteromona-daceae</i>	<i>Alteromonas</i>	<i>C. perfringens</i>		
				<i>C. sporogenes</i>		
				<i>Leuconosto spp.</i>		
	<i>Chromatiales</i>	<i>Nitrococcaceae</i>	<i>Nitrosococcus</i>	<i>Leuconostoc</i>		
				<i>Alteromonas spp.</i>		
	<i>Enterobacte-riales</i>	<i>Enterobacte-riaceae</i>	<i>Proteus</i>	<i>A. denitrificans</i>		
				<i>A. undina</i>		
				<i>A. haloplanktis</i>		
	<i>Proteo-bacteria</i>	<i>Moraxellaceae</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>N. spp.</i>		
				<i>P. hominis</i>		
<i>P. mirabilis</i>						
<i>Pseudomona-dales</i>		<i>Pseudomona-daceae</i>	<i>Azotobacter group</i>	<i>P. vulgaris</i>		
				<i>A. calcoaceticus</i>		
				<i>P. fluorescens</i>		
<i>Chromatiales</i>		<i>Chromatiaceae</i>	<i>Chromatium</i>	<i>P. aeruginosa</i>		
				<i>Azomonas (azotobacter) insignis</i>		
				<i>A. agila</i>		
				<i>Chromatium spp.</i>		
<i>Rhizobiales</i>	<i>Hyphomicro-biaceae</i>	<i>Ralstonia</i>	<i>Rhodomicrobium spp.</i>			
			<i>R. eutropha (Cupriavidus necator)</i>			
			<i>A. facilis</i>			
<i>Burkholde-riales</i>	<i>Comamonada-ceae</i>	<i>Acidovorax</i>	<i>D. gummosa</i>			
			<i>Alcaligenaceae</i>	<i>Derxia</i>		

Отмеченные виды распределены по шести жизненным формам: I – анаэробные хемоорганотрофы, II – аэробные хемоорганотрофы, III – анаэробные хемоорганотрофы, активные аммонификаторы, IV – факультативные анаэробы, хемоорганотрофы, денитрификаторы, V – аэробные фиксаторы молекулярного азота, VI – аэробные аутотрофы, окисляющие аммиак до азотистой кислоты (Таблица 3).

**Таблица 3.** Качественная и количественная динамика микроорганизмов, выделенных из трупного материала (N – численность, КОЕ/мл) на 30 и 136 сутки разложения

Вид	N <sub>1</sub> на 30 сутки	N <sub>2</sub> на 136 сутки	Жизненная форма*
<i>Acidominococcus fermentans</i>	67	41	I
<i>Acidovorax facilis</i>	0	41	IV
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	56	0	II
<i>Alteromonas spp.</i>	0	10	IV
<i>Alteromonas denitrificans</i>	0	48	IV
<i>Alteromonas undina</i>	0	56	IV
<i>Alteromonas haloplanktis</i>	0	50	IV
<i>Anaerorhabdus furcosus</i>	49	0	I
<i>Azomonas (azotobacter) insignis</i>	0	54	V
<i>Azotobacter agila</i>	0	65	V
<i>Bacillus cellulosaе hydrogtnicus</i>	0	14	III
<i>Bacillus cellulosaе methanicus</i>	0	56	III
<i>Bacillus cereus</i>	0	114	III
<i>Bacillus putrificus</i>	0	20	III
<i>Bacillus mycoides</i>	134	0	III
<i>Bacillus punctatum</i>	127	0	III
<i>Bacillus subtilis</i>	147	65	III
<i>Botrytis sp.</i>	156	0	II
<i>Chromatium spp.</i>	126	0	IV
<i>Citrobacter spp.</i>	0	54	IV
<i>Clostridium acetoethylicus</i>	95	0	I
<i>Clostridium cellobioparum</i>	81	0	I
<i>Clostridium histolyticum</i>	79	0	I
<i>Clostridium perfringens</i>	99	0	I
<i>Clostridium pectinovorum</i>	0	59	I
<i>Clostridium sporogenes</i>	107	0	I
<i>Clostridium spp.</i>	0	32	I
<i>Cupriavidus necator</i>	163	0	IV
<i>Derxia gummosa</i>	122	0	V
<i>Flavobacterium balustinum</i>	0	27	II
<i>Flavobacterium indologens</i>	0	41	II
<i>Flavobacterium multivorum</i>	0	78	II
<i>Klebsciella spp.</i>	0	34	IV
<i>Leuconostoc spp.</i>	79	0	IV
<i>Micrococcus luteus</i>	121	0	II
<i>Mitsuokella multiacidus</i>	114	0	I
<i>Mucor spp.</i>	0	101	II
<i>Nitrococcus spp.</i>	75	0	VI
<i>Oidium spp.</i>	0	53	II
<i>Proteus hominis</i>	112	0	IV
<i>Ptoteus mirabilis</i>	124	0	IV
<i>Proteus vulgaris</i>	116	0	IV

<i>Pseudomonas fluorescens</i>	143	0	II
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	82	0	II
<i>Rhodomicrobium spp.</i>	91	0	VI
<i>Spirosoma linguale</i>	122	0	II
<i>Staphylococcus spp.</i>	102	0	IV
<i>Veillonella atypica</i>	49	0	I
<i>Veillonella dispar</i>	106	0	I
<i>Veillonella parvula</i>	81	0	I

\*Примечание: I – анаэробные хемоорганотрофы, II – аэробные хемоорганотрофы, III – анаэробные хемоорганотрофы, активные аммонификаторы, IV – факультативные анаэробы, хемоорганотрофы, дентирификаторы, V – аэробные фиксаторы молекулярного азота, VI – аэробные аутотрофы, окисляющие аммиак до азотистой кислоты.

В качестве факторов, определяющих численность микроорганизмов в составе трупа и его ложа, учитывали температуру воздуха и почвы, а также кислотность почвенного раствора, соотношение углерода к азоту (C/N) и природные особенности почвы в месте разложения трупа (Таблица 4).

**Таблица 4.** Основные показатели условия среды на момент отбора проб (30 и 136 сутки разложения)

<b>Фактор среды</b>	<b>30 сутки</b> (июль)	<b>136 сутки</b> (ноябрь)
Температура воздуха, °С	14.7	4.5
Температура почвы, °С	11.6	3.0
pH	5.7	5.9
C/N	57.50	49.80

Установлено, что общая численность микроорганизмов трупа и его ложа подвержена сезонной изменчивости. При снижении температуры воздуха на 10.2°С и почвы – на 8.6°С количество микробных клеток в составе отобранных образцов снизилась с 3125 КОЕ/мл (30 сутки разложения) до 1113 КОЕ/мл (136 сутки разложения) (Таблица 3). При этом произошло замещение жизненных форм микроорганизмов с анаэробных хемоорганотрофов (11 видов) на факультативные анаэробы, хемоорганотрофы и денитрификаторы (7 видов). Среди активных аммонификаторов выделены аэробные бактерии – представители родов *Bacillus* и *Proteus*; грибы рода *Mucor*; анаэробы – представители рода *Clostridium*. Характерным признаком оказалось присутствие азотфиксаторов рода *Azotobacter*, обладающих нитрогеназной активностью, и видов, вызывающих различные виды брожений (молочнокислое, спиртовое, маслянокислое, уксусное, пропионовокислое, ацетонобутиловое и др.), наблюдаемых при разложении органических соединений углерода. Среди аэробных аутотрофов, способных к окислению аммиака до азотистой кислоты, идентифицировано всего два вида – *Nitrococcus spp.* и *Rhodomicrobium spp.* Выделены также виды каталазо- и оксидазоположительные. В качестве источника углерода и энергии исследуемые виды используют глюкозу, сахарозу, трегалозу, мальтозу, галактозу, маннозу, ксилозу, арабинозу, маннит, глицерин, этанол, сукцинат, лактат, ацетат, аргинин; не используют лактозу, инозит. В качестве источника азота они используют как минеральные ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ), так и органические формы азота. Растут в диапазоне температур +15+43°С и диапазоне pH 5.8-6.4. Оптимальные значения составляют +25+28°С, pH 5.7-6.9. Обнаружены условно-патогенные и токсигенные виды (р. *Bacillus* и р. *Clostridium*), формирующие зоны гемолиза на кровяном агаре за 48 ч при температуре +37 °С.



При увеличении срока экспозиции трупа и изменении факторов окружающей среды описано снижение таксономического разнообразия микроорганизмов – от 30 видов на 30 сутки до 22 видов на 136 сутки разложения. Характерно, что на 136 сутки разложения преобладали психроактивные культуры, активные как при низких температурах (ниже +15°C), так и в мезофильных условиях. Преобладание микроорганизмов, обитающих в условиях низких температур, связано как с их способностью к структурным и функциональным перестройкам (в том числе на уровне клеточных компонентов и метаболизма), так и с наличием механизмов защиты от разрушающего действия внутриклеточного льда при замораживании-оттаивании (Hoover, 2010). Необходимо отметить, что полученные колебания численности выделенных микроорганизмов трупа и его ложа не могут быть объяснены только с позиции внешних факторов среды. Важно учитывать и биологические изменения в процессе роста и отмирания выделенных культур при их взаимодействии с субстратами.

Колонии выделенных микроорганизмов отличались широким разнообразием: слизистые и пастообразные, выпуклые и плоские, крупные и мелкие. Для многих видов отмечалось наличие внутренней структуры колоний и способность к формированию дочерних колоний. При микроскопии обнаружены мелкозернистые, ячеистые или ветвящиеся колонии, которые были образованы, в основном, спорогенными бактериями. Цвет колоний желтый, оранжевый, белый, с феноменом опалесценции. На вторые сутки инкубации в термостате на агаризованной питательной среде из кислотного гидролизата рыбной муки микроорганизмы, выделенные с фрагментов костей и шерсти животного, образовывали плоские, матовые колонии диаметром 1.2–3 мм. В бульоне из кислотного гидролизата рыбной муки они росли в виде пленки и равномерного помутнения. Флуоресцирующих пигментов не образовывали. При изучении динамики микробного фона на 30 и 136 сутки экспозиции трупа установлено, что с течением времени происходят не только количественные изменения культуральных признаков изученных микроорганизмов, но меняется и соотношение между одиночными и колониальными формами, а также средняя величина микроколоний от 5.2 мм (30 сутки экспозиции) до 1.2 мм (136 сутки экспозиции).

## Заключение

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. С помощью мониторинга микробного пейзажа трупного материала установлена относительная стабильность ведущей микрофлоры, ответственной за процессы аммонификации белков в составе исследуемых образцов кожи, копыт, кости, шерсти и ложа (почвы);
2. Основные этиологические агенты разложения исследуемого материала представлены микроорганизмами родов *Bacillus* (7 видов) и *Clostridium* (5 видов);
3. Кроме относительно небольшого числа видов-доминантов, обнаружено значительное количество малочисленных и редких форм. Со снижением общего числа видов обилие отдельных форм резко повышалось, наиболее конкурентоспособные из них получали возможность беспрепятственно размножаться;
4. В результате проведенных исследований установлена следующая закономерность: чем специфичнее условия среды, тем беднее видовое разнообразие сообществ в составе микробиома трупа и выше численность отдельных форм.

В заключение хотелось бы отметить, что изучение процесса заселения трупа различными микроорганизмами (применительно к территории Карелии) имеет большое значение для практики судебно-медицинской экспертизы в решении специальных задач – определения давности наступления смерти в позднем постмортальном периоде и возможностей посмертного перемещения тела. В связи с вышесказанным, целесообразной считается разработка целостной системы установления давности смерти, дополняющей

модели судебной медицины, с помощью проведения тщательной каталогизации микроорганизмов, участвующих в процессах разложения трупов.

### Библиография

1. Henssge C. Die Prezission von Todeszeitschätzungen durch die mathematische Beschreibung der rektalen Leichenabkühlung. *Z Rechtsmed* 1979, 83(1):S49-67.
2. Hoover RB, Pikuta EV. Psychrophilic and psychrotolerant microbial extremophiles in polar environments. In *Polar Microbiology: The Ecology, Biodiversity and Bioremediation Potential of Microorganisms in Extremely Cold Environments*. Edited by Bej AK, Aislabie J, Atlas RM. Boca Raton (Florida): CRC Press; 2010:115-156.
3. Korshunov NV, Shved EF, Novikov PI, Vlasov AU, Natcentov EO. Possibilities of estimation of the time interval necessary for the development of the putrefactive manifestation in the corps. *Forensic science international* 2003, 136(Suppl.1):223-224.
4. Богомолов Д.В. Проблемы, нуждающиеся в ускоренной разработке // Вестник судебно-медицинской службы. – 2006. – №3. – С.12–14.
5. Вавилов А.Ю., Халиков А.А., Щепочкин О.В., Куликов А.В., Коковихин А.В., Белокрылова Е.Г. О погрешности термометрического метода определения давности смерти // Проблемы экспертизы в медицине. – 2004. – №3. – С.16–17.
6. Германова Н.И., Медведева М.В. Микрофлора почв заповедника «Кивач» // Труды Карельского научного центра РАН. – 2006. – Вып.10. – С.10–13.
7. Ермакова Ю.В. Определение давности наступления смерти в позднем постмортальном периоде методом спиновых зондов с использованием стекловидного тела: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Рос. центр судеб.-мед. экспертизы МЗ РФ. – Москва, 2012.
8. Коршунов Н.В., Швед Е.Ф., Новиков П.И. Возможности использования метода моделирования процесса охлаждения в оценке степени развития гнилостных явлений трупа: Материалы IV съезда Всероссийского научного общества судебных медиков. – Владимир, 1996. – Ч.2. – С.32.
9. Лябзина С.Н. Видовой состав и структура комплекса членистоногих-некробионтов Южной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2011. – №4(117). – С.10–19.
10. Мамай А.В. Микробная трансформация соединений азота и углерода в лесных почвах средней тайги (на примере Карелии): автореф. дис. ... канд. биол. наук. МГУ им. М.В. Ломоносова. – Москва, 2014.
11. Марченко М.И. Влияние климатических факторов на продолжительность биологического разложения трупа насекомыми-некробионтами в условиях Северо-Запада Европейской части России // Энтомологическое обозрение. – 1992. – Т.63. – №4. – С.557–568.
12. Никифоров Я.А., Прошутин В.Л. Определение давности наступления смерти в позднем посмертном периоде по оценке динамики электрического сопротивления сухожилия // Проблемы экспертизы в медицине. – 2003. – Т.3. – №4. – С.45–49.
13. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975.
14. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. / под ред. Дж. Хоулта. – Москва: Мир, 1997.
15. Пермяков А.В., Витер В.И. Статистический анализ публикаций по судебной медицине за 1996 –1999 годы // Актуальные аспекты судебно-медицинской экспертизы и экспертной практики. – Ижевск, 2000. – Вып. VI. – С.31–40.
16. Повстяный В.А., Козлов С.В. Современное состояние вопроса установления давности наступления смерти (обзор литературы) // Буковинский медицинский вестник. – 2013. – Т.17. – №3(67). – Ч.1. – С.130–132.
17. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: Изд-во МГУ, 1980.

18. Швед Е.Ф. Моделирование посмертной термодинамики при установлении давности смерти в условиях меняющейся температуры окружающей среды: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2006.
19. Шевченко И.Н. Экспертные критерии установления давности наступления смерти в позднем посмертном периоде: дис. ... канд. Мед. наук. Киев, 2000.
20. Шевченко И.Н., Голубович Л.Л., Куртев А.В. Динамика разложения трупа // Судебно-медицинская экспертиза. – 2012. – №5. – С.26–29.
21. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Структурный анализ экологических систем. Количественные методы экологии и гидробиологии. Сборник научных трудов. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – С. 91–129.