

Демина Л.Л., Боков Д.А.\*

Оренбургский государственный педагогический университет,

\*Оренбургская государственная медицинская академия

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Показано, что техногенные факторы Оренбургского газоперерабатывающего завода существенно влияют на структуру сообществ и обилие видов мелких млекопитающих. Сообщества превращаются в монодоминантные, обилие видов снижается. Метод морфофизиологических индикаторов позволяет оценить физиологическое состояние организма микромаммалей. Наиболее показательными являются индексы печени и надпочечника, значения которых свидетельствуют о напряженности энергетического состояния организма.

На протяжении всей истории существования человеческого общества его деятельность все сильнее, глубже и с нарастающими темпами изменяла живую природу, а в последние десятилетия стала наиболее мощным фактором ее преобразования. Для большинства животных наиболее опасным является не прямое их истребление, а разрушение исконных биотопов, трансформация ландшафтов, а также загрязнение окружающей среды. В литературе имеется значительный фактологический материал, связанный с изучением прямого воздействия антропогенных факторов на природные экосистемы (вырубки, осушение, разработки полезных ископаемых), в то время как исследований антропогенных факторов техногенной природы проведено гораздо меньше. Этим определяется актуальность исследований воздействия техногенного пресса на различные группы животных.

Специфика техногенного воздействия заключается, с одной стороны, в разрушении природной среды, приводящей к формированию сообществ с иными качественными и количественными параметрами, с другой стороны, выделяемые токсичные поллютанты напрямую или через цепи питания воздействуют на физиологические процессы организма. Поэтому рассматривать техногенное воздействие целесообразно как на биоценологическом уровне, так и популяционно-видовом, организменном и тканево-органоидном.

Мелкие млекопитающие традиционно являются модельным объектом экологических исследований теоретического и прикладного характера. Изучение биоценологических, популяционных и морфофизиологических

параметров микромаммалей проводилось для различных промышленных производств [2, 3, 5, 6].

Оренбургский газоперерабатывающий завод является на Южном Урале крупнейшим комплексом по переработке газа с повышенным содержанием сероводорода, относящийся к предприятиям I класса опасности. Различные аспекты биологии позвоночных животных, обитающих на территории санитарно-защитной зоны ОГПЗ, исследуются, начиная с 90-х годов прошлого столетия [1, 7, 10].

Цель настоящей работы заключается в продолжении изучения воздействия химических аэрополлютантов Оренбургского газоперерабатывающего завода на биоценологические, популяционные и морфофизиологические параметры мелких млекопитающих.

### Материал и методы исследования

В основу работы положены результаты исследований, проводившихся в 2003 – 2005 гг. на техногенной территории санитарно-защитной зоны Оренбургского газоперерабатывающего завода (СЗЗ ОГПЗ) и контрольных (фоновых) участках, расположенных в Саракташском районе. Сборы мелких млекопитающих производились в нескольких лесополосах, равноудаленных от промплощадок газзавода:

- на расстоянии 1-го и 2-х км к юго-востоку от ОГПЗ в окр. с. Черноречье;
- на расстоянии 2-х и 4-х км к северо-востоку от ОГПЗ в окр. ст. Каргала.

Места контрольных сборов находились в аналогичных по флористическому составу лесополосах, расположенных в 4 км к югу от

райцентра Саракташ, а также в 8 км к югу от с. Воздвиженка Саракташского района.

Мелкие млекопитающие отлавливались при помощи давилок, которые расставлялись по 50-100 штук во второй половине дня на расстоянии 5 м друг от друга. Использовалась стандартная приманка с подсолнечным маслом. Снятие зверьков проводилось на следующий день утром. Было отработано 2295 ловушко-суток (из них 1562 – на техногенных и 733 – на фоновых территориях). Всего добыто 738 экземпляров мелких грызунов и насекомоядных (470 – на техногенных и 268 – на фоновых территориях), относящихся к шести видам: малая лесная мышь (*Sylvemus uralensis*), желтогорлая мышь (*S. flavicollis*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*), обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*), обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*).

Для характеристики **сообществ мелких млекопитающих** на техногенных и контрольных территориях использовались следующие показатели: видовой состав, суммарное обилие на 100 ловушко-суток, доленое участие видов. Для классификации видов по обилию и доленому участию нами использовалась балльная шкала А.П. Кузьякина [4], в которой каждый балл соответствует порядку чисел. По величине обилия виды подразделяются на многочисленных, обычных и редких: многочисленный вид – при улове от 10 до 100% (+++); обычный вид – при улове от 1 до 9% (++); редкий вид – при улове от 0,1 до 0,9% (+).

Долевое участие вида (индекс доминирования) определяется как процент особей каждого вида от всех добытых, принятых за 100%. По величине индекса доминирования виды подразделяются на доминантов и содоминантов, второстепенных и третьестепенных: доминанты и содоминанты составляют от 10 до 100%; второстепенные – от 1 до 9%; третьестепенные – меньше 0,9%.

Также рассчитывался индекс сходства по Серенсону:  $S = \frac{2C}{a+b}$ , где a, b – число видов в сравниваемых сообществах, C – число общих видов.

Для изучения **морфофизиологических изменений** нами использовались два вида: малая лесная мышь, являющаяся доминантным видом, как в техногенных, так и контрольных экосистемах, и рыжая полевка, имеющая статус содоминанта. Для сравнения животные были разделены на следующие группы: размножавшиеся и не размножавшиеся особи, самцы и самки.

В качестве морфофизиологических признаков использовались размеры органов, функции которых непосредственно связаны с обменом веществ и энергии в организме, поддержанием иммунитета и обеспечением размножения – сердца, печени, почек, надпочечников, селезенки, семенников.

Исследование морфофизиологической реактивности организма мелких млекопитающих проводилось с использованием методов биологической статистики и метода морфофизиологических индикаторов [9]. Были определены следующие показатели:

- индекс органа –  $C = \frac{m_{органа}}{m_{тела}}$  [мг/г]; подсчитывался индекс каждого органа для каждой особи, а затем средняя арифметическая для каждой половозрастной группы;

- среднее квадратичное отклонение –  $\sigma = \frac{C_{max} - C_{min}}{K}$ , где  $C_{max}$  – максимальное значение индекса,  $C_{min}$  – минимальное значение индекса, K – табличное значение;

- ошибка средней арифметической индекса органа –  $c = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , где n – количество обследованных особей;

- достоверность различий  $t = \frac{C_2 - C_1}{\sqrt{c_2^2 + c_1^2}}$ .  
Различия являются достоверными при  $t \geq 1,7$ .

### Результаты и обсуждение

Анализ сообществ мелких млекопитающих на техногенных и фоновых территориях показывает, что видовой состав и численность особей отдельных видов на сравниваемых территориях различаются (табл. 1).

Большую часть *общего улова* в СЗЗ и контрольных биоценозах составила лесная мышь – 597 экз. (80,89%). Суммарный улов двух других видов мышей – желтогорлой и

Таблица 1. Видовой состав мелких млекопитающих техногенной и контрольной территорий

Вид	Количество отловленных особей	
	СЗЗ ОГПЗ	Контроль
1. Малая лесная мышь	411	186
2. Желтогорлая мышь	9	4
3. Полевая мышь	-	1
4. Рыжая полёвка	46	74
5. Обыкновенная полёвка	3	-
6. Обыкновенная бурозубка	1	3
Всего	470	268

Таблица 2. Обилие мелких млекопитающих техногенной и контрольной территорий

Вид	Количество особей на 100 ловушко-суток	
	СЗЗ	Контроль
1. Малая лесная мышь	26,31 +++	25,37 +++
2. Желтогорлая мышь	0,57 +	0,54 +
3. Полевая мышь	-	0,13 +
4. Рыжая полёвка	2,94 ++	10,09 +++
5. Обыкновенная полёвка	0,19 +	-
6. Обыкновенная бурозубка	0,06 +	0,40 +

полевой – составил 14 экземпляров (1,89%). Подсемейство полевок представлено двумя видами: рыжей полевкой, отловленной в количестве 120 особей (16,26%) и обыкновенной полевкой в количестве 3 особей (0,40%). Насекомоядные представлены одним видом – обыкновенной бурозубкой – в количестве 4 особей (0,54%).

Санитарно-защитная зона газзавода представляет собой гетерогенную среду, большая часть которой занята посевами агрокультур, залежными полями и пустырями. Пространственное распределение мелких млекопитающих отличается крайней неравномерностью и повышенной степенью агрегированности. Оптимальными станциями для большинства видов микромаммалий являются интразональные биотипы, поймы и лесополосы, где они находят наиболее благоприятные микроклиматические условия. Многочисленные лесополосы, образованные ясенем пенсильванским, карагачем, жимолостью татарской, шиповником, боярышником кроваво-красным, являются тем биотопом, где мелкие млекопитающие образуют постоянные поселения и имеют наиболее высокую и стабильную численность.

За указанный период в лесополосах санитарно-защитной зоны было отловлено 5 видов мелких млекопитающих. Их суммарное обилие составляет 30,08 особей на

100 ловушко-суток. Многочисленным видом является малая лесная мышь, обилие которой составляет 26,31 особей на 100 ловушко-суток. Обычным видом является рыжая полёвка, имеющая обилие 2,94 особи на 100 ловушко-суток. Редкими являются желтогорлая мышь, обыкновенная полёвка и обыкновенная бурозубка, обилие которых варьирует от 0,57 до 0,06 особей на 100 ловушко-суток (табл. 2).

Долевое участие малой лесной мыши в сообществах санитарно-защитной зоны составляет 87,47%, она является доминантным видом. Второстепенными являются рыжая полёвка (9,78%) и желтогорлая мышь (1,91%), третьестепенными – обыкновенная полёвка (0,19%) и обыкновенная бурозубка (0,06%) (рис. 1).

Сообщество мелких млекопитающих контрольных биоценозов также включает 5 видов. Суммарное обилие микромаммалий составляет 36,56 особей на 100 ловушко-суток и характеризуется снижением на 17,72%. Обилие малой лесной мыши практически такое же, что и в СЗЗ ОГПЗ (25,37 особей на 100 ловушко-суток). Зато аналогичный показатель для рыжей полевки повышается (10,09 особей на 100 ловушко-суток) и она переходит в разряд многочисленного вида. Остальные три вида – желтогорлая мышь, обыкновенная бурозубка и полевая мышь –

имеют низкий уровень обилия и являются редкими (табл. 2).

Долевое участие лесной мыши в сообществах контрольных биоценозов достаточно высокое (69,4%), но более низкое в сравнении с таковым санитарно-защитной зоны (рис 2.). Лесная мышь является доминантным видом природных биоценозов. Доля рыжей полевки значительно повышается, и она приобретает статус содоминанта (27,62%). Индекс доминирования желтогорлой мыши (1,49%) и обыкновенной бурозубки (1,11%) менее 10%, на основании чего их можно отнести к второстепенным видам. Полевая мышь (0,37%) является третьестепенным видом.

Показатель сходства видового состава сообществ техногенной и контрольной территорий по Серенсону составил 0,8. Различия в видовом составе незначительны. В импактных сообществах ни разу не зарегистрирована полевая мышь, которая на территории Южного Урала является малочисленным видом [8] и в контрольных биоценозах была отловлена лишь однажды. Кроме того,

в фоновых сообществах за указанный период не была отловлена обыкновенная полевка. Этот вид заселяет открытые местообитания, и интразональные биоценозы не являются для нее типичными. В импактных сообществах она встречается единично.

Особенности структуры сообществ импактной и фоновой территорий достаточно ярко отражает кривая доминирования – разнообразия (рис. 3). На графике по оси ординат отложена абсолютная численность особей, а по оси абсцисс – последовательность видов в соответствии с убыванием их численности.

Кривая значимости видов в сообществах животных техногенных зон демонстрирует сверхдоминирование одного вида – лесной мыши и низкую численность остальных видов. Такое сообщество является монодоминантным. Кривая значимости видов на фоновой территории является более выровненной, что отражает полидоминантность природных сообществ. В данном случае наряду с доминированием лесной мыши содоминантом является рыжая полевка. Следовательно,

успех существования видов в этих сообществах лимитируется меньшим количеством факторов в сравнении с сообществами импактных территорий. В импакте добавляется комплекс факторов техногенного лимитирования.

Техногенные факторы оказывают влияние не только на структуру и функционирование сообществ, но и на физиологические процессы отдельных особей. Косвенным свидетельством изменения и нарушения физиологических процессов является относительная масса внутренних органов, функции которых непосредственно связаны с обменом веществ и энергии в организме, таких как надпочечники, печень, селезенка, почки, сердце, семенники. Эта зависимость лежит в основе метода морфофизиологических индикаторов, разработанного С.С. Шварцем

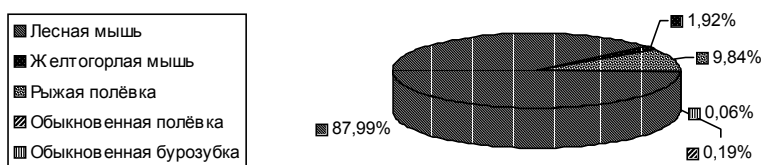


Рисунок 1. Долевое участие мелких млекопитающих в сообществах техногенной территории

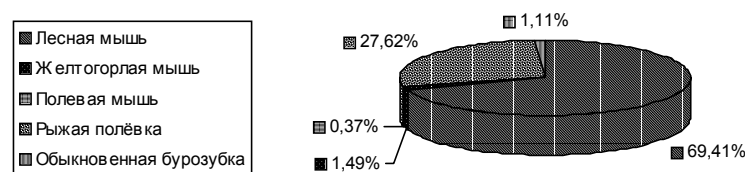


Рисунок 2. Долевое участие мелких млекопитающих в сообществах контрольных территорий

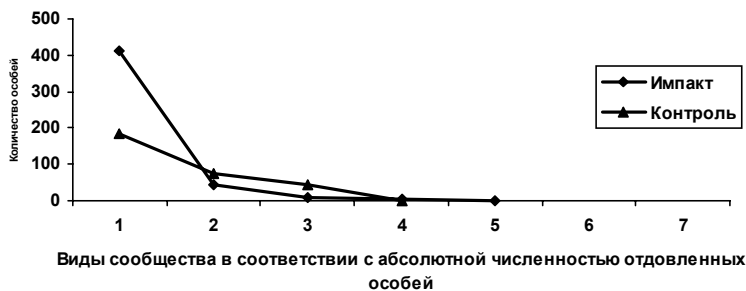


Рисунок 3. Кривая доминирования-разнообразия мелких млекопитающих техногенной и контрольной территорий

Таблица 3. Индексы внутренних органов половозрелых особей лесной мыши импактной и контрольной популяций

Индекс органа	Пол особей	СЗЗ м - 18; ж - 43	Контроль м - 6; ж - 13	Достоверность различий (t)
Индекс сердца	м	7,91 ± 0,31	7,93 ± 0,31	0,04↓
	ж	7,31 ± 0,26	7,42 ± 0,47	0,2 ↓
Индекс селезёнки	м	4,80 ± 0,47	3,86 ± 0,53	1,34↑
	ж	3,63 ± 0,30	3,45 ± 0,58	0,27↑
Индекс печени	м	55,37 ± 2,97	58,01 ± 2,49	0,68↓
	ж	61,31 ± 2,17	66,06 ± 4,46	0,96↓
Индекс почки	м	8,98 ± 0,39	8,50 ± 0,34	0,96↑
	ж	8,46 ± 0,24	9,06 ± 0,42	1,27↓
Индекс надпочечника	м	0,46 ± 0,07	0,21 ± 0,02	3,57*↑
	ж	0,28 ± 0,02	0,27 ± 0,02	0,5 ↑
Индекс семенника	м	14,17 ± 0,71	14,74 ± 0,77	0,54↓

\* – различия достоверны; ↑ – повышение индекса органа у зверьков из СЗЗ; ↓ – понижение индекса органа у зверьков из СЗЗ.

Таблица 4. Индексы внутренних органов половозрелых особей рыжей полевки импактной и контрольной популяций

Индекс органа	Пол особей	СЗЗ м - 4; ж - 7	Контроль м - 6; ж - 12	Достоверность различий (t)
Индекс сердца	м	6,51 ± 0,02	6,45 ± 0,22	0,27↑
	ж	7,03 ± 0,33	6,45 ± 0,18	1,61↑
Индекс селезёнки	м	5,41 ± 0,71	3,61 ± 0,55	2,02*↑
	ж	5,63 ± 1,18	2,95 ± 0,56	2,06*↑
Индекс печени	м	50,33 ± 9	58,56 ± 2,31	0,88 ↓
	ж	52,40 ± 4,83	68,11 ± 3,93	2,52*↓
Индекс почки	м	6,31 ± 1,63	8,04 ± 0,26	1,05 ↓
	ж	7,22 ± 0,51	8,55 ± 0,28	2,29*↓
Индекс надпочечника	м	-	0,12 ± 0,02	-
	ж	0,28 ± 0,05	0,24 ± 0,02	0,8 ↑
Индекс семенника	м	16,1 ± 7,06	20 ± 2,49	0,52↓

и др. [9]. В данной работе мы приводим сведения только для половозрелых особей лесной мыши и рыжей полевки.

Относительная масса внутренних органов у **лесной мыши** представлена в таблице 3. У зверьков техногенных популяций прослеживается некоторое снижение индекса сердца и повышение относительной массы селезенки.

Масса печени несколько снижена, а масса надпочечников повышена, причем у самцов – достоверно. По индексу почки о каких-либо определенных закономерностях в интенсивности обмена веществ говорить нельзя, потому что изменения у самцов и самок носят разнонаправленный характер. Относительная масса семенников у мышей импактных популяций несколько ниже, чем у контрольных зверьков.

При анализе морфофизиологических показателей **рыжей полевки** просматриваются аналогичные тенденции (табл. 4). У зверьков из СЗЗ наблюдается повышение индекса сердца, селезенки и надпочечников.

Снижены индексы печени, почки и семенника.

Исходя из приведенных данных, можно видеть, что морфофункциональные адаптации мелких млекопитающих к техногенному прессу носят сложный и неоднозначный характер. В нормальных естественных условиях животные затрачивают минимальные ресурсы организма для обеспечения энергетического баланса. По данным ряда авторов [2, 6], в условиях техногенного пресса картина резко меняется. Индексы сердца, почки и надпочечника имеют более высокие значения на техногенных территориях, что указывает на более интенсивный уровень метаболизма и мобилизацию внутренних резервов. В то же время индекс печени особей в техногенной среде более низок, что подчеркивает неблагоприятность условий обитания, не позволяющих зверькам создавать значительные энергетические резервы. Такое соотношение индексов внутренних органов свидетельствует о нарушении энергетического баланса.

По нашим данным, изменение индекса сердца микромаммалий из СЗЗ не носит закономерного характера и чаще наблюдается его снижение. Индекс почки зверьков из импактных популяций так же, как правило, понижается. Это может свидетельствовать либо о недостаточно сильном повышении метаболизма животных на территории СЗЗ ОГПЗ (особенно с учетом того, что выбросы аэрополлютантов в данном районе в течение длительного времени не превышают ПДК), либо об отсутствии закономерных изменений этих показателей и ненадежности их использования. Индекс селезенки зверьков техногенных популяций в большинстве случаев повышается. Селезенка – это кроветворный орган и орган иммунной системы, поэтому увеличение индекса может быть связано как с усилением кроветворения, так и реакцией иммунного ответа на воздействие аэротоксикантов. Относительная масса семенника половозрелых самцов из импактных популяций имеет тенденцию к снижению, что говорит об угнетенном состоянии органов репродуктивной системы. Индексы печени и надпочечника практически всегда изменяются закономерно и характеризуются понижением относительной массы печени и повышением аналогич-

ного показателя надпочечников, что свидетельствует об энергетической напряженности организма мелких млекопитающих на техногенной территории СЗЗ ОГПЗ. Поэтому наиболее объективными индикаторами энергетического состояния животных являются именно эти показатели, которые дают возможность оценить экологическую пластичность различных видов и определить пределы нагрузки, за которыми следует энергетический срыв организма и смерть животных.

Таким образом, в условиях техногенного ландшафта санитарно-защитной зоны ОГПЗ сообщества мелких млекопитающих характеризуются снижением обилия видов в среднем на 18%. В условиях техногенного пресса формируются монодоминантные сообщества с преобладанием единственного вида – лесной мыши, обладающей наибольшей пластичностью и резистентностью к техногенным факторам. Реактивность морфофизиологических параметров мелких млекопитающих имеет определенные тенденции, наиболее показательными из которых являются повышение индекса надпочечника и понижение индекса печени, свидетельствующие о напряженном физиологическом состоянии организма.

#### Список использованной литературы:

1. Демина Л.Л. Морфология и экология мелких млекопитающих в зоне влияния Оренбургского газоперерабатывающего комплекса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук – Оренбург, 2002. – 19с.
2. Игнатова Н.К., Христофорова Н.К. Морфофункциональные изменения в организме мелких млекопитающих в условиях техногенного пресса // Известия АН. Серия биологическая. – 2003. – №3. – С. 345 – 350.
3. Катаев Л.Д. Влияние измененной окружающей среды на состояние мелких млекопитающих Северной тайги // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных. Ч. 2, М.: Всесоюзное териологическое общество АН СССР. – 1987. – С. 89 – 90.
4. Кузякин А.П. Зоогеография СССР//Уч. зап. МОПИ им. Н.К. Крупской. – 1962. – Т.109. – С. 3-182.
5. Куликова И.Л. Население и экологические особенности мелких млекопитающих техногенных территорий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук – Свердловск, ИЭРиЖ УрО АН СССР. – 1982. – 21с.
6. Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия // Успехи современной биологии. – 1998. – Т. 118. – Вып. 5,6. – С. 613–622, 693–706.
7. Руди В.Н. Влияние Оренбургского газоперерабатывающего завода на млекопитающих санитарно-защитной зоны // Экология и охрана окружающей среды. Тезисы докладов 2-й международной научно-практической конференции. – Ч. II. – Пермь. – 1995 – С. 110-111.
8. Руди В.Н. Фауна млекопитающих Южного Урала. Издательство ОГПУ, Оренбург. – 2000. – 206 с.
9. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск. Труды ИЭРиЖ. – 1968. – 387с.
10. Шевлюк Н.Н. О взаимоотношении интерстициальных эндокриноцитов и извитых канальцев семенников некоторых млекопитающих и рептилий, обитающих в санитарно-защитной зоне Оренбургского газзавода // Матер. 3-й Всеросс. научн. конф. «Влияние антропогенных факторов на структурные преобразования клеток, тканей и органов человека и животных». – Волгоград. – 1995. – С.150.