

УДК 591.52; Г591.5

А.И. ДМИТРИЕВ, Г.А. ДМИТРИЕВ, Ж.А. ЗАМОРЕВА, М.А. ТРУШКОВА,
Д.М. КРИВОНОГОВ, Нижегородский государственный педагогический университет им. К.
Минина, E-mail: dmitriev-50@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗОНЕ ДОРОЖНОГО ЭФФЕКТА РЕГИОНАЛЬНЫХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

A.I. Dmitriev, G.A. Dmitriev, Zh.A. Zamoreva, M.A. Trushkova, D.M. Krivonogov
THE ECOLOGICAL STRUCTURE OF VERTEBRATE ANIMALS IN THE ROAD
EFFECT ZONE ON REGION HIGHWAYS

Изучена специфика экологической структуры позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей с интенсивностью движения менее 9000 автомобилей в день. Установлено, что величина зоны дорожного эффекта в лесных экосистемах составляет до 400 метров слева и справа от дорожного полотна, а в луговых – до 1200 метров. Выявлено, что максимальное негативное воздействие зона дорожного эффекта оказывает на оседлых и малоподвижных животных. Отмечено, что большинство экологических показателей сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта значительно ниже таковых, чем на контрольном участке.

Ключевые слова: зона дорожного эффекта, позвоночные животные, федеральные автомагистрали, контрольный участок, экологическая структура.

It was studied the ecological structure of vertebrate animals in the area of road effect on the Federal highways, where the traffic amounted 6500 vehicles a day. It was found that the road effect zone is up to 400 meters to the left and to the right from the road in forest ecosystems, and it is up to 1200 meters in the meadow ecosystems. It was revealed that the road effect zone provides the maximum negative impacts on the inactive animals and the sedentary animals. It was noted that the majority of environmental indicators of communities of the vertebrate animals in the road effect zone, is lower significantly than the indicators on the control plot.

The key words: the road effect zone, the vertebrate animals, the Federal highway, a control plot, an ecological structure.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении 2012 года впервые для Нижегородской области проведено исследование по оценке состояния сообществ позвоночных животных в зоне дорожного эффекта. Известно, что транспортная инфраструктура прямо или косвенно влияет на окружающую среду. Она изменяет пейзаж, создает ряд ограничений для объектов животного мира, меняет гидрологический режим, загрязняет окружающую среду и вызывает гибель живых организмов. При строительстве дорог, в зоне дорожного эффекта, формируется пять основных экологических эффектов: *потеря местообитаний* в результате фрагментации среды, *изменение среды обитания* в результате загрязнения, изменения гидрологических характеристик, микроклимата и т.д., *образование «коридоров»*, по которым возможны различные перемещения объектов животного мира в разных направлениях, *увеличение смертности*, которая определяется пересечением дорожного полотна объектами животного мира и формированием *барьеров*, возникающих для животных в результате появления дорожного полотна, которое к тому же определяет фрагментацию среды обитания [16].

Следует помнить, что автостреды могут изымать из ландшафта до 10 га на 1 линейный километр дороги. Поэтому распределение пространства при строительстве новых

автодорог должно стоять как первоочередная задача при планировании. Потеря среды обитания из-за транспортной инфраструктуры весьма существенна в местном масштабе, а для региона или государства менее значима. Дорожное обслуживание и движение транспорта усиливают негативное воздействие на экосистемы зоны дорожного эффекта. Именно здесь накапливаются загрязнители, пыль, мусор, соль, усиливающие отрицательный эффект на территорию, растительный и животный мир как в плане воспроизводства, так и выживания [8, 15]. Достаточно мощным и малоизученным раздражителем для животных является шум как один из основных факторов загрязнения [17, 18]. Что касается «коридорного» эффекта, образующегося вдоль автодорог, то он может быть иногда привлекателен для объектов животного мира как места кормежки, убежища, укрытия, гнездовья и распространения [11]. Из основных экологических эффектов транспортной инфраструктуры эффект «барьера» в наибольшей степени способствует максимальной фрагментации среды обитания животных [10, 13].

В настоящее время в европейских государствах различают пять основных категорий автотранспортной инфраструктуры: 1. Дороги местного значения с очень редким движением, служащие пропускными фильтрами для передвижений животных. Они ограничивают барьерное воздействие для беспозвоночных и мелких млекопитающих. Крупные животные могут использовать эти дороги в качестве коридоров. 2. Автодороги с интенсивностью движения меньше 1000 автомашин в день, которые могут вызвать непредвиденную смертность и являются более серьезным барьером. 3. Второстепенные дороги с интенсивностью движения около 5000 автомашин в день представляют серьезный барьер для целого ряда животных из-за транспортного шума и эффекта движения. 4. Автомагистрали с интенсивностью движения 5000 – 10000 машин в день являются весьма существенным барьером для многих наземных видов. В этом случае смертность и безопасность движения являются первоочередными задачами. 5. Автострады с интенсивностью движения более 10000 машин в день представляют собой практически непроницаемый барьер для подавляющего большинства видов животных [12]. В пределах Российской Федерации автомобильные дороги, в зависимости от их значения классифицируются на автодороги федерального значения, автодороги регионального или межмуниципального значения, автомобильные дороги местного значения, частные автомобильные дороги.

По данным Главного управления автомобильных дорог Нижегородской области, общая сеть автомобильных дорог составляет 19 248 км, а протяженность дорог общего пользования – 16 6617 км. Таким образом, «зона дорожного эффекта» активно влияет и изменяет все природные экосистемы, расположенные в непосредственной близости к транспортным магистралям, формируя фрагментарность среды обитания для объектов животного мира. С другой стороны, немногочисленные исследования свидетельствуют о ее прямом и косвенном воздействии на все процессы жизнедеятельности животных (включая генетический уровень), приуроченных к зоне дорожного эффекта. Эта проблема ставит огромное количество вопросов и заслуживает самого пристального внимания со стороны ученых, руководящих органов и общественности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основные группы объектов животного мира (включая беспозвоночных) и количественные показатели собранного, определенного и обработанного материала представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общий объем материала по объектам животного мира в зоне дорожного эффекта (2012 год)

| Показатели Систематические группы | Количество пунктов наблюдений (шт.) | Средняя протяженность маршрута | Количество пробных площадок (шт.) | Отработано ловушко/суток | Количество особей (экз.) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Класс земноводные | 20 | 2 | - | - | 282 |
| Класс пресмыкающиеся | 20 | 3 | - | - | 189 |
| Класс птицы | 20 | 3 | - | - | 631 |
| Класс млекопитающие (Micromammalia) | 20 | - | 100 | 2 750 | 472 |
| Наземные насекомые | 20 | 1 | 60 | 100 | 1795 |
| Почвенные беспозвоночные | 20 | - | 100 | - | 1682 |
| Итого | 38 | - | 260 | 2 850 | 5 051 |

В работе использовались общепринятые методики сбора и обработки полевого материала. По одним группам животных (земноводные, пресмыкающиеся, птицы) применялись маршрутные методы, по другим – методы пробных площадок, по третьим (мелкие млекопитающие) – методы ловушко/суток. Часть материала (мелкие млекопитающие) была отловлена, определена и подвержена камеральной обработке. Особи других групп (земноводные, пресмыкающиеся, птицы, околородные млекопитающие) просто отмечались на маршрутах по голосовым реакциям, визуально или следам жизнедеятельности и заносились в первичные ведомости [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Работа была организована на двух участках: 1 – модельный участок автодороги регионального значения (г. Бор – пос. Макарьево), протяженностью около 50 км, с интенсивностью движения около 6500 автомобилей в день, 2 – контрольный участок в Навашином районе для сравнительной оценки экологической структуры позвоночных животных. Последние исследования показали, что в 48 штатах США 16% земельной площади «зоны дорожного эффекта» находятся в пределах 100 метров от любого дорожного типа, 22% – в пределах 150 метров и 73% – в пределах 810 метров [14]. Преобразование физических условий на территориях, смежных с дорогами, устраняет области непрерывности среды обитания и одновременно создает «эффекты края», простирающиеся на значительные расстояния. Эти «краевые эффекты» качественно меняют среду обитания в «зоне дорожного эффекта» и могут привести к ее полной деградации [9].

Для изучения экологической структуры позвоночных животных в зоне дорожного эффекта были выбраны справа или слева (если дорога проходит по одному типу биотопа) от дорожного полотна четыре пункта наблюдения, где и осуществлялся сбор материала. Первый пункт (1) находился на расстоянии до 25 метров от дорожного полотна. Второй пункт наблюдения (2) находился в 200 метрах от дорожного полотна для всех групп животных. Третий пункт (3) наблюдения находился в 500 метрах от дорожного полотна для всех групп животных. Четвертый пункт (4) наблюдения находился в 800 метрах от дорожного полотна для всех групп животных. Для изучения оценки влияния автодороги на объекты животного мира в пространственном градиенте анализировалась и сравнивалась специфика экологической структуры сообществ разных групп животных в этих пунктах наблюдений, расположенных в зоне дорожного эффекта, с акцентом на контрольный участок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Класс Amphibia. Сообщества земноводных в зоне дорожного эффекта исследовались в двух типах экосистем (смешанный лес и суходольный луг). Сразу хотелось бы отметить, что эта группа животных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта региональных автомагистралей представлена весьма скудно. Это связано с особенностями биологии земноводных (оседлость, отсутствие выраженных миграций, незначительная подвижность) и их приуроченностью к водоемам. Поэтому изучение этой группы животных проводилось непосредственно на водоемах, расположенных в зоне дорожного эффекта, либо на территории пунктов наблюдений.

Максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 метров от дорожного полотна (2,5 особей на 1 га). Минимальная плотность (0,5 особей на 1 га) зарегистрирована для 1 пункта наблюдений, расположенного в непосредственной близости от дорожного полотна. При этом практически все виды представлены единично. Плотность особей на 1 га территории варьирует незначительно. Количество видов отличается относительным постоянством и не превышает трех. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдений в зоне дорожного эффекта (0,5 – 2,5 особей на 1 га) плотность более чем в 3 раза ниже, чем на контрольном участке (7,3 особи на 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта также меньше, чем на контрольном участке. Все это свидетельствует об угнетенном состоянии сообществ земноводных в биотопах смешанного леса зоны дорожного эффекта.

Таблица 2 – Экологическая структура сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта региональной автотрассы в экосистемах смешанного леса 2012 года

| Пункты наблюдения | 1 (до 25 метров от полотна) | 2 (200 метров от полотна) | 3 (500 метров от полотна) | 4 (800 метров от полотна) |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Показатели | | | | |
| Земноводные | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Индекс Шеннона (H) | 0 | 0 | 0,27 | 0,41 |
| Индекс Пиелу (e) | 0 | 0 | 0,90 | 0,85 |
| Индекс Маргалефа (D_{mg}) | 0 | 0 | 0,91 | 1,25 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | 1,0 | 1,0 | 0,56 | 0,44 |
| Пресмыкающиеся | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 3 | 2 | 4 | 4 |
| Индекс Шеннона (H) | 0,45 | 0,27 | 0,58 | 0,49 |
| Индекс Пиелу (e) | 0,94 | 0,90 | 0,97 | 0,82 |
| Индекс Маргалефа (D_{mg}) | 1,44 | 0,91 | 1,36 | 1,36 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | 0,37 | 0,56 | 0,28 | 0,37 |
| Птицы | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 9 | 11 | 9 | 13 |
| Индекс Шеннона (H) | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,12 |
| Индекс Пиелу (e) | 0,95 | 1,0 | 0,95 | 1,0 |
| Индекс Маргалефа (D_{mg}) | 3,13 | 3,70 | 3,08 | 3,95 |
| Индекс доминирования | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,10 |

| | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|
| Симпсона (C) | | | | |
| Мелкие млекопитающие | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 2 | 4 | 6 | 5 |
| Индекс Шеннона (H) | 0,27 | 0,58 | 0,64 | 0,64 |
| Индекс Пиелу (e) | 0,90 | 0,97 | 0,82 | 0,91 |
| Индекс Маргалефа (D _{mg}) | 0,91 | 1,68 | 1,85 | 1,38 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | 0,55 | 0,28 | 0,29 | 0,21 |

Экологическая структура сообществ земноводных в зоне дорожного эффекта представлена в таблице 2. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 1 до 3). Что касается разнообразия сообществ этой группы животных, то минимальный индекс Шеннона (0,27) зарегистрирован в 3 пункте наблюдения, для 1 и 2 пунктов отмечено всего по одному виду (таблица 2). Следует отметить, что для 3 и 4 пунктов наблюдений величина этих индексов крайне мала (соответственно 0,27 и 0,41). Величина индекса Пиелу (0,85 – 0,9) для 3 и 4 пунктов наблюдений свидетельствует, что условия существования здесь удовлетворительные. Видовое богатство было весьма незначительным: 0,91 – 1,25. Высокий показатель индекса доминирования подчеркивает бедность видового состава и доминированием в сообществах 1-2 видов. Все это говорит о том, что в зоне дорожного эффекта в биотопах смешанного леса для земноводных сложилась своеобразная экологическая структура, которая не обладает высокой степенью стабильности, но в той или иной степени поддерживает существование этой группы животных. При выявлении сходства сообществ земноводных в зоне дорожного эффекта мы использовали индекс Уиттекера. По экологической структуре наиболее сходными оказались сообщества земноводных 3 и 4 пунктов наблюдений (0,8). Выраженные отличия зарегистрированы для сообществ земноводных 1, 2 и 3 пунктов наблюдений – соответственно 0,5 и 0,67.

В значительной степени сходная картина структуры сообществ земноводных наблюдается и в экосистемах суходольного луга. В таблице 3 представлены результаты обследования четырех пунктов наблюдений сообществ земноводных в экосистемах суходольного луга зоны дорожного эффекта. На 1 пункте наблюдений не отмечено ни одного экземпляра, на остальных пунктах наблюдений встречено всего 15 особей (таблица 3). В данном случае видовой состав и плотность земноводных увеличивается только на территории 4 пункта наблюдений (в 800 метрах от дорожного полотна), где они составили соответственно 4 вида и 3,5 особей на 1 га. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдений в зоне дорожного эффекта (0 – 3,5 особей на 1 га), плотность более чем в 8 раз ниже, чем на контрольном участке (22,5 особей на 1 га). Все это подчеркивает нестабильность состояния сообществ земноводных в биотопах суходольного луга зоны дорожного эффекта (таблица 3). При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта мы использовали индекс Уиттекера. Как и следовало ожидать, наименее сходными оказались между собой сообщества 1 и остальных трех пунктов наблюдений (0). Наиболее сходными по экологической структуре были сообщества земноводных 3 и 4 пунктов наблюдений (1,0). Промежуточное положение (0,67) занимали сообщества 2 и 3, и 2 и 4 пунктов наблюдений.

Таблица 3 – Экологическая структура сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта региональной автотрассы в экосистемах суходольного луга 2012 года

| Пункты наблюдения | 1 (до 25 метров от полотна) | 2 (200 метров от полотна) | 3 (500 метров от полотна) | 4 (800 метров от полотна) |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Показатели | | | | |
| Земноводные | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 0 | 2 | 4 | 4 |
| Индекс Шеннона (H) | - | 0,30 | 0,58 | 0,60 |
| Индекс Пиелу (e) | - | 1,0 | 0,97 | 1,0 |
| Индекс Маргалефа (D _{mg}) | - | 1,44 | 1,68 | 1,54 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | - | 0,50 | 0,28 | 0,26 |
| Пресмыкающиеся | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 0 | 2 | 5 | 4 |
| Индекс Шеннона (H) | - | 0,30 | 0,64 | 0,54 |
| Индекс Пиелу (e) | - | 1,0 | 0,91 | 0,90 |
| Индекс Маргалефа (D _{mg}) | - | 1,44 | 1,74 | 1,25 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | - | 0,50 | 0,26 | 0,31 |
| Птицы | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 6 | 5 | 5 | 12 |
| Индекс Шеннона (H) | 0,69 | 0,69 | 0,71 | 1,04 |
| Индекс Пиелу (e) | 0,88 | 0,99 | 1,0 | 0,96 |
| Индекс Маргалефа (D _{mg}) | 1,81 | 1,92 | 1,82 | 3,62 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | 0,25 | 0,22 | 0,21 | 0,11 |
| Мелкие млекопитающие | | | | |
| Число видов в сообществе (S) | 3 | 3 | 3 | 6 |
| Индекс Шеннона (H) | 0,48 | 0,40 | 0,48 | 0,70 |
| Индекс Пиелу (e) | 1,0 | 0,83 | 1,0 | 0,90 |
| Индекс Маргалефа (D _{mg}) | 1,83 | 1,25 | 1,83 | 2,08 |
| Индекс доминирования Симпсона (C) | 0,33 | 0,44 | 0,33 | 0,19 |

Класс Reptilia. Пресмыкающиеся в зоне дорожного эффекта также изучались в двух типах экосистем (смешанный лес и суходольный луг). Как и земноводные, эта группа животных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта не отличается разнообразием. Это связано с особенностями их биологии (оседлость, отсутствие выраженных миграций, небольшая подвижность) и образа жизни. По результатам маршрутного метода учета, отмечено, что в зоне дорожного эффекта рассматриваемая группа животных весьма немногочисленна. Об этом свидетельствует специфика видового состава и их низкая плотность на 1 га территории по сравнению с контрольным участком. Максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 метров от дорожного полотна (3,65 особей на 1 га). Минимальная плотность зарегистрирована для 2 (0,99 особей на 1 га) пункта наблюдений, расположенного недалеко от дорожного полотна. При этом практически все

виды, как и у земноводных, представлены единично. Плотность особей на 1 га территории варьирует от 0,99 до 3,65 особей на 1 га. Количество видов отличается относительным постоянством и не превышает пяти. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдений в зоне дорожного эффекта плотность ниже, чем на контрольном участке (2,73 – 5,32 особей на 1 га). Все это подчеркивает угнетенное состояние сообществ пресмыкающихся в экосистемах смешанного леса зоны дорожного эффекта.

Экологическая структура сообществ пресмыкающихся в зоне дорожного эффекта представлена в таблице 2. Отмечено, что количество видов на разных пунктах наблюдений было примерно одинаковым. По сравнению с сообществами земноводных, у пресмыкающихся несколько увеличивается разнообразие. Так, минимальный индекс Шеннона (0,27) зарегистрирован в непосредственной близости от автодороги во 2 пункте наблюдения, для остальных трех он находился в пределах 0,45 – 0,58 (таблица 2). Величина индекса Пиелу (0,82 – 0,97) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдений, условия существования в целом удовлетворительные. Представленность видов в сообществах зоны дорожного эффекта не отличалась высокими значениями. Минимальный показатель (0,91) отмечен для 2 пункта наблюдений, а в остальных колебания составляли в пределах 1,36 – 1,44. Индекс доминирования в целом был достаточно низким (0,28 – 0,56) практически для всех четырех пунктов наблюдений, подчеркивая отсутствие явно доминантных видов в рассматриваемых сообществах пресмыкающихся. Минимальным сходством между собой отличались сообщества 2 и 3, 2 и 4 пунктов наблюдений (0,67). Увеличивается степень сходства между сообществами 3 и 4 пунктов наблюдений (0,75), а также между 1 и 2, 3 и 4 пунктами наблюдений (соответственно 0,8 и 0,86).

Практически не отличается картина структуры сообществ пресмыкающихся и в экосистемах суходольного луга. Здесь не зарегистрировано ни одной особи этого класса на 1 пункте наблюдений. На остальных пунктах наблюдений встречено всего 23 особи. В данном случае видовой состав и плотность пресмыкающихся увеличивается, только начиная с 3 пункта наблюдений (в 500 метрах от дорожного полотна), где плотность их составила соответственно: 3,3 и 3,63 особей на 1 га территории. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдений в зоне дорожного эффекта (0 – 3,63 особей на 1 га), плотность более чем в 2 раз ниже, чем на контрольном участке (7,32 особей на 1 га). Все это подчеркивает нестабильность состояния сообществ пресмыкающихся в экосистемах суходольного луга зоны дорожного эффекта.

Экологическая структура сообществ пресмыкающихся для рассматриваемого типа экосистем зоны дорожного эффекта представлена в таблице 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 0 до 5). Минимальное разнообразие зарегистрировано во 2 пункте наблюдения (0,3), причем для 1 пункта вообще не отмечено ни одного представителя этого класса. В пределах 3 и 4 пунктов наблюдений этот показатель увеличивается (соответственно 0,64 и 1,54). Величина индекса Пиелу (0,9 – 1,0) свидетельствует, что для видов, которые отмечены для трех пунктов наблюдений, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство минимальным оказалось в 4 пункте наблюдения (1,25), а во 2 и 3 пунктах наблюдений оно составило соответственно 1,44 и 1,74. Индекс доминирования находился на уровне средних величин (0,26 – 0,5), и в сообществах пресмыкающихся не отмечено явно доминантных видов. При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта отмечено, что наиболее сходными между собой оказались сообщества 3 и 4 пунктов наблюдений (0,87). Определенное сходство отмечено для сообществ 2 и 3 (0,57), 2 и 4 пунктов наблюдений (0,67).

Класс Aves. Как упоминалось выше, преобладающими типами экосистем на автомагистрали регионального значения являются смешанные леса и суходольные луга, которые и взяты в качестве модельных объектов. В экосистемах смешанного леса зоны дорожного эффекта в значительной степени обеднен видовой состав и невысокая плотность на 1 га территории по сравнению с контрольным участком. Для этой группы животных отмечается, что максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 метров от дорожного полотна (1,05 особей на 1 га). Минимальная плотность зарегистрирована для 1 (0,5 особей на 1 га) пункта наблюдений, расположенного в непосредственной близости от дорожного полотна. Обращает внимание факт отсутствия доминантных видов, и практически все они представлены единично. Для 2 и 3 пунктов наблюдений плотность практически одинакова (соответственно 0,75 и 0,7 особей на 1 га). Количество видов от 1 пункта наблюдений (9) увеличивается в 4 пункте наблюдений до 13. Преобладают на маршрутах типично лесные представители (зяблик, синица большая, певчий дрозд). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдений в зоне дорожного эффекта (0,5 – 1,05 особей на 1 га) плотность почти в 6 раз ниже, чем на контрольном участке (4,3 особи на 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта (максимально – 13) в два раза меньше, чем на контрольном участке (26). Все это свидетельствует об угнетенном состоянии сообществ птиц в зоне дорожного эффекта.

Экологическая структура сообществ птиц в зоне дорожного эффекта представлена в таблице 2. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 9 до 13). По сравнению с сообществами мелких млекопитающих у птиц несколько увеличивается разнообразие. Так, минимальный индекс Шеннона (0,9) зарегистрирован в непосредственной близости от автодороги (0,9) в 1 пункте наблюдения и 3 пункте наблюдения (таблица 2). В пределах 1 и 4 пунктов наблюдений этот показатель увеличивается, составляя соответственно 1,04 и 1,12. Величина индекса Пиелу (0,95 – 1,0) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдений, условия существования в целом неплохие. Видовое богатство было достаточно высоким в 1 пункте наблюдения (3,13) и увеличивалось до 3,95 в остальных пунктах. Индекс доминирования был крайне низким практически для всех четырех пунктов наблюдений (0,1 – 0,13), подчеркивая отсутствие явно доминантных видов в рассматриваемых сообществах птиц. Все это говорит о том, что в зоне дорожного эффекта сложилась своеобразная экологическая структура, которая в той или иной степени поддерживает существование сообществ этой группы животных. При выявлении сходства сообществ птиц отмечено, что минимальным сходством между собой отличались сообщества 2 и 4 пунктов наблюдений (0,17). Это отмечается для 1 и 4 пунктов наблюдений (0,27), а также для 3 и 4 пунктов наблюдений (0,36). Незначительно отличались друг от друга по видовой структуре и численному соотношению сообщества 1 и 2 пунктов наблюдений (0,7), 1 и 3 (0,56), 2 и 3 пунктов наблюдений (0,5).

Другим типом экосистем на автомагистрали регионального значения явились суходольные луга, которые взяты в качестве модельных объектов. В экосистемах суходольного луга зарегистрировано на 4 пункте наблюдений 12 видов птиц. На остальных пунктах наблюдений это число находилось в пределах 5-6 видов. Это весьма небольшие показатели свидетельствует о влиянии автомагистрали на сообщества этой группы животных в зоне дорожного эффекта. По материалам исследования становится очевидным, что для «открытых» биотопов (луговые, водоемы, пашни) ширина зоны дорожного эффекта увеличивается. В лесных биотопах показатели видовой состава и плотности стабилизируются примерно после 50 – 100 метров удаления от дорожного полотна. В данном случае, видовой состав и плотность птиц увеличивается только на территории 4 пункта наблюдений (в 800 метров от дорожного полотна), где они составили соответственно 12 видов, 1,05 особей на 1 га. В видовом составе преобладают представители открытых

пространств (белая и желтая трясогузки, луговой чекан, полевой жаворонок). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдений в зоне дорожного эффекта (0,4 – 1,05 особей на 1 га), плотность более чем в 4 раз ниже, чем на контрольном участке (4,3 особи на 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта (максимально – 12) почти в два раза меньше, чем на контрольном участке (20). Все это подчеркивает угнетенное состояние сообществ птиц в биотопах суходольного луга зоны дорожного эффекта.

Экологическая структура сообществ птиц в зоне дорожного эффекта представлена в таблице 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 5 до 12). Минимальное разнообразие зарегистрировано в непосредственной близости от автодороги (0,69) в 1 и 2 пунктах наблюдений. В пределах 3 и 4 пунктов наблюдений этот показатель увеличивается (соответственно: 0,71 и 1,04). Величина индекса Пиелу (0,88 – 1,0) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдений, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство минимальным было в 1 пункте наблюдения (1,81) и увеличивалось до 3,62 в 4 пункте наблюдения. Индекс доминирования был низким (0,11 – 0,25) и в сообществах птиц не отмечено явно доминантных видов. При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта отмечено, что наименее сходными оказались между собой сообщества 1 и 4 пунктов наблюдений (0,11), а также 2 и 4 (0,12), 2 и 3 пунктов наблюдений (0,20). Определенное сходство отмечено для сообществ 1 и 2 (0,55), 1 и 3 пунктов наблюдений (0,55).

Класс Mammalia. В качестве модельного объекта взяты мелкие млекопитающие (отряды Rodentia и Insectivora). Для этой группы животных отмечается, что максимальная численность в экосистемах смешанного леса наблюдалась на удалении 500 метров от дорожного полотна (15,0%) и 800 метров – 18,0%. Весьма низкая численность отмечена для 1 (1,5%) и 2 (3,0%) пунктов наблюдений, расположенных в непосредственной близости от дорожного полотна. Обращает внимание факт присутствия доминантных видов. Состав их такой же, как и на контрольном участке (малая лесная мышь и рыжая полевка), причем сходство прослеживается и по их численному соотношению, особенно для 3 и 4 пунктов наблюдений. Вызывает определенный интерес присутствие некоторых видов (средняя бурозубка, полевка-экономка), отмеченных в зоне дорожного эффекта, редко встречающихся и в естественных природных условиях. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что по 1 и 2 пунктам наблюдений (соответственно 1,5% и 3,0%) зоны дорожного эффекта численность мелких млекопитающих более чем в 6 раз ниже, чем на контрольном участке (19,0%). Несколько выравнивается ситуация по этому показателю на 3 пункте наблюдения (15,%) на расстоянии 500 метров от дорожного полотна. Практически приближается к результатам контрольного участка (19,0%) численность мелких млекопитающих на территории 4 пункта наблюдения (18,0%), расположенного на расстоянии 800 метров от дорожного полотна.

Экологическая структура сообществ мелких млекопитающих в зоне дорожного эффекта в экосистемах смешанного леса представлена в таблице 2. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 2 до 6). Минимальное разнообразие зарегистрировано в непосредственной близости от автодороги (0,27) в 1 пункте наблюдения. В пределах 3 и 4 пунктов наблюдений этот показатель увеличивается более чем в два раза (соответственно 0,64 и 0,64). Величина индекса Пиелу (0,82 – 0,97) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдений, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство, как и следовало ожидать, было низким в 1 пункте наблюдения (0,91) и увеличивалось до 1,85 в остальных пунктах. Достаточно высоким (0,55) был индекс доминирования в 1 пункте наблюдения, где наблюдалось присутствие явно доминантных видов, в остальных трех пунктах (0,21 – 0,29)

эти показатели низкие, и выраженного доминирования не наблюдалось. Все это говорит о том, что в зоне дорожного эффекта сложилась своеобразная экологическая структура, которая в той или иной степени поддерживает существование сообществ мелких млекопитающих. При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта отмечено, что наименее сходными оказались между собой сообщества 1 и 3 пунктов наблюдений (0,5), 1 и 4 пунктов наблюдений (0,57). Незначительно отличались друг от друга по видовой структуре и численному соотношению сообщества 3 и 4 пунктов наблюдений (0,73).

Другим типом экосистем на автомагистрали регионального значения являлись суходольные луга. Для них отмечено, что примерно на одном уровне (3,0% – 5,0%) численность находилась на 1, 2 и 3 пунктах наблюдений. Это достаточно низкий показатель свидетельствует о негативном влиянии автомагистрали на сообщества данной группы животных. Вероятно, для «открытых» биотопов (луговые, водоемы, пашни) ширина зоны дорожного эффекта увеличивается. Так, в лесных экосистемах показатель численности стабилизировался примерно после 50 – 100 метров удаления от дорожного полотна. В данном случае численность увеличивается только на территории 4 пункта наблюдений (в 800 метров от дорожного полотна), где она составила 11,0%. В видовом составе преобладают представители открытых пространств (обыкновенная полевка и полевая мышь). Единично отмечены и такие эврибионтные виды, как малая лесная мышь (до 2,0%) и рыжая полевка (1,0%). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что по 1, 2 и 3 пунктам наблюдений (соответственно 3,0%, 5,0% и 3,0%) зоны дорожного эффекта, численность мелких млекопитающих более чем в 5 раз ниже, чем на контрольном участке (16,8%). Несколько выравнивается ситуация по этому показателю лишь на 4 пункте наблюдения (11,%), расположенном на расстоянии 800 метров от дорожного полотна. Тем не менее, она и здесь не достигает показателя контрольного участка (16,8%).

Экологическая структура сообществ мелких млекопитающих в зоне дорожного эффекта представлена в таблице 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 3 до 6). Индексы разнообразия мелких млекопитающих в биотопах суходольного луга для первых трех пунктов наблюдений практически не отличаются. Лишь в 4 пункте наблюдения этот показатель увеличивается с 0,48 до 0,7. Величина индекса Пиелу (0,83 – 1,0) свидетельствует, что для видов, обитающих в зоне дорожного эффекта, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство в зоне дорожного эффекта находилось на уровне средних величин (1,25 – 2,08). Достаточно высоким (0,44) был индекс доминирования в 3 пункте наблюдения, а для остальных трех (особенно 4 пункта наблюдений), где доминанты не выражены (0,33). При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта отмечено, что наименее сходными оказались между собой сообщества 1, 2 и 3 пунктов наблюдений (0,33). Незначительно отличались друг от друга по видовой структуре и численному соотношению сообщества 3 и 4 пунктов наблюдений (0,67).

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования выявили значительное негативное воздействие на экологическую структуру позвоночных животных зоны дорожного эффекта региональных автомагистралей.
2. Как правило, в пределах 1 и 2 пунктов наблюдений, расположенных до 200 метров от дорожного полотна, даже не регистрируются объекты животного мира. Особенно это характерно для позвоночных животных, ведущих оседлый и малоподвижный образ жизни (мелкие млекопитающие, земноводные, пресмыкающиеся).
3. Зона дорожного эффекта в лесных экосистемах может простирается до 300-400 метров, а экологическая структура объектов животного мира практически до 4 пункта

наблюдения в значительной степени отличается по сравнению с таковой контрольного участка.

4. Зона дорожного эффекта в луговых экосистемах может увеличиваться до 1000-1200 метров. Ее негативное воздействие испытывают все группы позвоночных животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области (договор №32 2012 год).

ЛИТЕРАТУРА

1. Земноводные и пресмыкающиеся Нижегородской области / под ред. М.В. Пестова. – Н. Новгород, 2007. – 66 с.
2. Камеральная обработка полевого материала (Micromammalia) / под ред. А.И. Дмитриева. – Н. Новгород: НГПУ, 2009. – 159 с.
3. Морозов, Н.С. Методология и методы учета в исследованиях структуры сообществ птиц: некоторые критические соображения / Н.С. Морозов // Успехи совр. Биологии. – 1992. – Т. 112, вып. 1. – С. 139-153.
4. Наумов, Р.Л. Организация и методы учета птиц и вредных грызунов / Р.Л. Наумов. – М.: изд. АН СССР, 1963. – 137 с.
5. Организация и методы учета птиц и грызунов. – М., 1963. – 322 с.
6. Равкин, Ю.С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах / Ю.С. Равкин / Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск, 1967. – С. 66-75.
7. Равкин, Ю.С. Методические рекомендации по комплексному учету птиц / Ю.С. Равкин, Н.Г. Челинцев. – М.: изд. ВНИИ Природа, 1990. – 63 с.
8. Auerbach, N.A., Walker, M.D. and Walker, D.A. Effects of roadside disturbance on substrate and vegetation properties in arctic tundra // Ecological Applications. 1997. Vol. 7. P. 218-235.
9. Bennett, A.F. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. In: Saunders, D.A. and Hobbs, R.J., (Eds.) // Nature conservation 2: The role of corridors. 1991. P. 99-118.
10. Forman R.T. and Alexander L.E. Roads and their major ecological effects // Annual Review Of Ecology And Systematics. 1998. V. 29. P. 207-221.
11. Mader H.J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields // Biol. Conserv. 1984. V. 29 P. 81-96.
12. Müller, S. and Berthoud, G. Fauna and traffic safety. Lausanne, CH: LAVOC. Niering, W.A. and Goodwin, R.H. (1974) Creation of relatively stable shrublands with herbicides: arresting "succession" on right-of-way and pasture land. // Ecology. 1997. V. 55. P. 784-795.
13. Reck, H. and Kaule, G. Strassen und Lebensräume: Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Bonn-Bad Godesberg, Germany.: Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Strassenbau. 1993. 126 s.
14. Riitters, K. H., and J. D. Wickham. 2003. How far to the nearest road? // Frontiers in Ecology and the Environment. 2003. V. 1. P. 125-129.
15. Scanlon, P.F. Heavy metals in small mammals in roadside environments - implications for food chains // Science of the Total Environment. 1987. V. 59. P. 317-323.
16. Seiler, A. Ecological Effects of Roads. Introductory Research Essay Department of Conservation Biology. SLU. Uppsala. 2001. № 9. P. 1-40.
17. Shaw, E.G. (1996) Noise environments outdoors and the effects of community noise exposure // Noise Control Engineering Journal. 1996. V. 44. P. 109-119.
18. Vangent, H.A. and Rietveld, P. Road transport and the environment in Europe // Science of the Total Environment. 1993. V. 129. P. 205-218.

© Дмитриев А.И., Дмитриев Г.А., Заmoreва Ж.А., Трушкова М.А., Кривоногов Д.М., 2013