

УДК 591.524(470.341)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗОНЕ ДОРОЖНОГО ЭФФЕКТА ФЕДЕРАЛЬНЫХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

А. И. Дмитриев, Г. А. Дмитриев, Ж. А. Заморева,
М. А. Трушкова, Д. М. Кривоногов

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина
Россия, 603005, Нижний Новгород, Ульянова, 1
E-mail: dmitriev-50@mail.ru*

Поступила в редакцию 19.03.13 г.

Экологическая структура позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей. – Дмитриев А. И., Дмитриев Г. А., Заморева Ж. А., Трушкова М. А., Кривоногов Д. М. – Изучена специфика экологической структуры позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей с интенсивностью движения более 9000 автомобилей в день. Установлено, что величина зоны дорожного эффекта в лесных экосистемах составляет до 800 м слева и справа от дорожного полотна, а в луговых – до 1500 м. 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 на контрольном участке.

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

Ecological structure of vertebrate animals in the road-effect zone on some federal highways. – Dmitriev A. I., Dmitriev G. A., Zamoreva Z. A., Troushkova M. A., and Krivonogov D. M. – Features of the ecological structure of vertebrate animals were studied in the road-effect area of some federal highways, where the traffic amounted to above 9,000 vehicles a day. The road-effect zone was found to stretch up to 800 m to the left and to the right from the road in forest ecosystems, and up to 1500 m in meadow ecosystems. It has been revealed that the road-effect zone renders its maximum negative impact on inactive and sedentary animals. It was noted that the majority of environmental indicators of the vertebrate animal communities in the road-effect zone are significantly lower than those on a control plot.

Key words: road-effect zone, vertebrate animals, federal highway, control plot, ecological structure.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время 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 формируются 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 (Seiler, 2001).

Следует помнить, что автостреды могут изымать из ландшафта до 10 га на 1 линейный километр дороги. Однако второстепенные и третьестепенные автодороги при их большом количестве формируют совместный эффект, который может превосходить федеральные автомагистрали. Поэтому распределение пространства при строительстве новых автодорог на этапе планирования должно быть первоочередной задачей. 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 (Scanlon, 1987; Auerbach et al., 1997). Достаточно мощным и малоизученным раздражителем для животных является шум как один из основных факторов загрязнения (Vangent, Rietveld, 1993; Shaw, 1996). Что касается «коридорного» эффекта, образующегося вдоль автодорог, то иногда он создает благоприятные условия существования для объектов животного мира: места кормежки, убежища, укрытия, гнездовья и т.д. (Mader, 1984). Из основных экологических эффектов транспортной инфраструктуры эффект «барьера», т.е. трудно преодолимое препятствие для небольших и относительно малоподвижных животных (грызуны, насекомоядные, земноводные и другие), наиболее способствует максимальной фрагментации среды обитания животных (Reck, Kaule, 1993; Forman, Alexander, 1998).

В настоящее время в европейских государствах различают пять основных категорий автотранспортной инфраструктуры.

1. Дороги местного значения с очень редким движением, служащие пропускаемыми 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 автомашин в день, являются весьма существенным барьером для многих наземных видов. В этом случае смертность и безопасность движения являются первоочередными задачами.

5. Автостреды, с интенсивностью движения более 10000 автомашин в день, представляют собой практически непроницаемый барьер для подавляющего большинства видов животных (Müller, Berthoud, 1997). В пределах Российской Федерации классификация автомобильных дорог в зависимости от их значения мало

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

отличается от классификации автодорог европейских государств (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 19248 км, а протяженность дорог общего пользования – 166617 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), обитающих в зоне дорожного эффекта.

Основной целью настоящего исследования явилось изучение специфики экологической структуры (численность, плотность, разнообразие, видовое богатство, доминирование и т.д.) сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта по мере их удаления от дорожного полотна.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основные группы объектов животного мира и количественные показатели собранного, определенного и обработанного материала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общий объем материала по объектам животного мира
в зоне дорожного эффекта (2012 г.)

Систематические группы	Показатели				
	Кол-во пунктов наблюдений, шт.	Средняя протяженность маршрута, км	Кол-во пробных площадок, шт.	Отработано ловушко/суток	Кол-во зарегистрированных особей, экз.
Класс земноводные	20	2	–	–	282
Класс пресмыкающиеся	20	3	–	–	189
Класс птицы	20	3	–	–	631
Класс млекопитающие (отряды грызуны и насекомоядные)	20	–	100	2750	472
Итого	20	–	100	2750	1574

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 (Наумов, 1963; Организация и методы учета..., 1963; Равкин, 1967; Равкин, Челинцев, 1990; Морозов, 1992; Земноводные и пресмыкающиеся..., 2007; Карасева и др., 2008; Камеральная обработка..., 2009).

Работа была организована на двух участках: 1 – модельный участок автодороги федерального значения (Нижний Новгород – Москва), протяженностью около 50 км, с интенсивностью движения 9650 автомобилей в день, 2 – контрольный участок в Навашином районе Нижегородской области. 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. Пункт 1 находился на расстоянии до 25 м от дорожного полотна. Второй пункт наблюдения (2) находился в 200 м от дорожного полотна для всех групп животных. Третий пункт наблюдения (3) находился в 500 м от дорожного полотна для всех групп животных. Четвертый пункт наблюдения (4) находился в 800 м 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 наблюдения, расположенных в зоне дорожного эффекта, с акцентом на контрольный участок. В работе использованы общепринятые экологические индексы, описывающие специфику экологической структуры сообществ позвоночных животных. Индекс Шеннона, связывающий соотношение количества видов и количества особей в сообществе, индекс выравненности Пиелу, свидетельствующий о качественной характеристике условий среды обитания, индекс видового богатства Маргалефа, индекс доминирования Симпсона, определяющий степень доминирования того или иного вида в сообществе (Розенберг и др., 1999).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Класс Amphibia. Сообщества земноводных в зоне дорожного эффекта федеральной автотрассы изучены в двух типах биотопов – смешанный лес и суходольный луг. Сразу хотелось бы отметить, что эта группа животных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта представлена единичными экземплярами серой жабы, травяной, озёрной и остромордой лягушками. С одной стороны, это связано с особенностями биологии земноводных (оседлость, отсутствие выраженных миграций, незначительная подвижность) и их приуроченностью к водоёмам. Поэтому изучение этой группы животных проводилось непосредственно на водоёмах (при их наличии), расположенных в зоне дорожного эффекта, либо на территории пунктов наблюдений. В зоне дорожного эффекта в пределах пункта наблюдения 1 представителей земноводных не отмечено вовсе. На остальных пунктах они представлены единичными экземплярами упомянутых выше видов. Максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 м от дорожного полотна (1.5 особ. / 1 га). Для пунктов наблюдения 2 и 3 плотность особей на 1 га территории составила 0.5. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0 – 1.5 особ. / 1 га) плотность почти в 7 раз ниже, чем на контрольном участке (7.3 особ. / 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 экосистемах смешанного леса зоны дорожного

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

эффекта. Изучение экологической структуры земноводных в лесных экосистемах за пределами 800 м не выявило достоверных отличий по численности, плотности, видовому богатству и другим показателям, начиная с пункта наблюдения 2, расположенного в 200 м слева и справа от дорожного полотна. Таким образом, ширина зоны дорожного эффекта для лесных экосистем не превышает 200 м слева и справа от дорожного полотна.

Экологическая структура сообществ земноводных в лесных и луговых экосистемах зоны дорожного эффекта представлена в табл. 2, 3. Зарегистрировано, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 1 до 3). В пункте наблюдения 1 земноводных не встречено, а в пунктах 2 и 3 отмечены прудовая и остромордая лягушки всего по одной особи. Что касается разнообразия сообществ этой группы животных, то индекс Шеннона составил для пункта наблюдения 4 0.48 (см. табл. 2). Видовое богатство было невысоким (1.82). Индекс доминирования находился на уровне средних величин (0.33). Все это говорит о том, что в зоне дорожного эффекта в экосистемах смешанного леса федеральной автотрассы для земноводных в пределах пунктов наблюдения 1, 2 и 3 сложились неблагоприятные условия.

Таблица 2

Экологическая структура сообществ позвоночных животных
зоны дорожного эффекта федеральной автотрассы в экосистемах смешанного леса (2012 г.)

Показатели	Пункты наблюдения			
	1 (до 25 м от полотна)	2 (200 м от полотна)	3 (500 м от полотна)	4 (800 м от полотна)
Земноводные				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	0	1	1	3
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	–	0	0	0.48
Индекс Пielу (<i>e</i>)	–	0	0	1.0
Индекс Маргалефа (<i>D_{ms}</i>)	–	0	0	1.82
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	–	1.0	1.0	0.33
Пресмыкающиеся				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	0	2	2	3
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	–	0.30	0.30	0.45
Индекс Пielу (<i>e</i>)	–	1.0	1.0	0.94
Индекс Маргалефа (<i>D_{ms}</i>)	–	1.45	1.45	0.96
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	–	0.50	0.50	0.37
Птицы				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	4	6	9	12
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	0.58	0.73	0.93	0.99
Индекс Пielу (<i>e</i>)	0.97	0.94	0.98	0.92
Индекс Маргалефа (<i>D_{ms}</i>)	1.88	2.17	3.23	3.50
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	0.28	0.36	0.13	0.12
Мелкие млекопитающие				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	2	3	5	5
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	0.30	0.45	0.68	0.67
Индекс Пielу (<i>e</i>)	1.0	0.94	0.97	0.96
Индекс Маргалефа (<i>D_{ms}</i>)	1.45	1.44	2.05	1.92
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	0.50	0.37	0.22	0.26

Сходная картина структуры сообществ земноводных наблюдается и в экосистемах сухоходольного луга (табл. 3). На пунктах наблюдения 1 и 2 не отмечено ни одного экземпляра, на остальных двух пунктах наблюдения встречено всего 6 особей трех видов земноводных (прудовая и травяная лягушки, серая жаба). В данном случае видовой состав и плотность земноводных увеличиваются только на территории пункта наблюдения 4 (в 800 м от дорожного полотна), где они составили соответственно 3 вида (прудовая и травяная лягушки и серая жаба) и 2.0 особ. / 1 га. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта федеральной автотрассы (0 – 2.0 особ. / 1 га) плотность более чем в 11 раз ниже, чем на контрольном участке (22.5 особ. / 1 га). Все это подчеркивает нестабильность состояния сообществ земноводных в биотопах сухоходольного луга федеральной автотрассы в зоне дорожного эффекта, ширина которой на территории луговых экосистем не превышает 800 м. Изучение экологической структуры рассматриваемой группы животных за пределами 800 м демонстрирует выраженное сходство по разнообразию, видовому составу, численности, степени доминирования и другим показателям с контрольным участком 4. Таким образом, анализ экологической структуры сообществ земноводных свидетельствует, что ширина зоны дорожного эффекта в луговых экосистемах увеличивается до 800 м слева и справа от дорожного полотна.

Таблица 3

Экологическая структура сообществ позвоночных животных зоны дорожного эффекта федеральной автотрассы в экосистемах сухоходольного луга (2012 г.)

Показатели	Пункты наблюдения			
	1 (до 25 м от полотна)	2 (200 м от полотна)	3 (500 м от полотна)	4 (800 м от полотна)
1	2	3	4	5
Земноводные				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	0	0	1	3
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	–	–	0	0.45
Индекс Пиелу (<i>e</i>)	–	–	0	0.94
Индекс Маргалефа (<i>D_{mg}</i>)	–	–	0	1.44
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	–	–	1.0	0.37
Пресмыкающиеся				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	0	2	3	3
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	–	0.30	0.48	0.42
Индекс Пиелу (<i>e</i>)	–	1.0	1.0	0.88
Индекс Маргалефа (<i>D_{mg}</i>)	–	1.45	1.82	1.03
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	–	0.50	0.33	0.42
Птицы				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	4	4	6	11
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	0.57	0.58	0.75	1.01
Индекс Пиелу (<i>e</i>)	0.95	0.97	0.96	0.97
Индекс Маргалефа (<i>D_{mg}</i>)	1.36	1.68	2.27	3.33
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	0.30	0.28	0.20	0.11

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Мелкие млекопитающие				
Число видов в сообществе (<i>S</i>)	–	2	4	4
Индекс Шеннона (<i>H</i>)	–	0.27	0.54	0.56
Индекс Пиелу (<i>e</i>)	–	0.90	0.90	0.93
Индекс Маргалефа (<i>D_{me}</i>)	–	0.91	1.68	1.54
Индекс доминирования Симпсона (<i>C</i>)	–	0.56	0.34	0.30

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 (см. табл. 2, 3). Отмечено, что в зоне дорожного эффекта рассматриваемая группа животных весьма немногочисленна. Об этом свидетельствуют специфика видового состава (прыткая и живородящая ящерицы и обыкновенный уж) и их низкая плотность на 1 га территории, по сравнению с контрольным участком. Максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 м от дорожного полотна (2.64 особ. / 1 га). Минимальная плотность зарегистрирована для пунктов наблюдения 2 и 3 (0.66 особ. / 1 га), расположенных недалеко от дорожного полотна. В пределах пункта наблюдения 1 пресмыкающихся не отмечено вовсе. При этом практически все виды, как и у земноводных, представлены единично. Плотность особей на 1 га территории в зоне дорожного эффекта варьирует от 0 до 2.64 особ. / 1 га. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения федеральной автотрассы в зоне дорожного эффекта плотность ниже, чем на контрольном участке (2.73 – 5.32 особ. / 1 га). Все это подчеркивает угнетенное состояние сообществ пресмыкающихся в экосистемах смешанного леса зоны дорожного эффекта.

Экологическая структура сообществ пресмыкающихся в лесных экосистемах зоны дорожного эффекта представлена в табл. 2, 3. Отмечено, что количество видов на разных пунктах наблюдения не превышало трех. Величина индекса Шеннона в экосистемах смешанного леса практически не отличается от сообществ земноводных (0.45). Величина индекса Пиелу (0.94) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на трех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство (0.96 – 1.45) не отличалось высокими показателями. Индекс доминирования в целом был достаточно низким (0.37 – 0.5) практически для всех трех пунктов наблюдения, подчеркивая отсутствие явно доминантных видов в рассматриваемых сообществах пресмыкающихся (см. табл. 2). При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта мы использовали индекс Уиттекера. Сходство сообществ пунктов наблюдения 2 и 3 (0.5), 2 и 4 (0.4), 3 и 4 (0.4) было незначительным.

Практически не отличается картина структуры сообществ пресмыкающихся и в экосистемах суходольного луга (см. табл. 3). Так, здесь не зарегистрировано ни одной особи этого класса в пределах пункта наблюдения 1. На остальных пунктах наблюдения встречено всего 12 особей. В данном случае видовой состав и плотность пресмыкающихся увеличиваются, начиная только с пункта наблюдения 3 (в

500 м от дорожного полотна), где плотность их составила соответственно 0.99 и 2.31 особ. / 1 га территории. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0 – 2.31 особ. / 1 га) плотность более чем в 3 раз ниже, чем на контрольном участке (7.32 особ. / 1 га). Все это подчеркивает нестабильность состояния сообществ пресмыкающихся, представленных прыткой и живородящей ящерицами и обыкновенным ужом, в биотопах суходольного луга зоны дорожного эффекта.

Класс Aves. По данным маршрутного метода учета птиц хотелось бы отметить, что в зоне дорожного эффекта федеральной автотрассы в значительной степени обеднен их видовой состав и плотность на 1 га территории, по сравнению с контрольным участком. Для этой группы животных отмечается, что в экосистемах смешанного леса максимальная плотность наблюдалась на удалении 800 м от дорожного полотна (1.15 особ. / 1 га). Минимальная плотность (0.25 особ. / 1 га) зарегистрирована для пункта наблюдения 1, расположенного в непосредственной близости от дорожного полотна. Обращает внимание факт отсутствия доминантных видов и практически все они представлены единично. Для пунктов наблюдения 2 и 3 плотность практически одинакова (соответственно 0.5 и 0.6 особ. / 1 га). Количество видов от пункта наблюдения 1 (4) увеличивается до 12 в пункте наблюдения 4. Преобладают на маршрутах типично лесные, а также синантропные представители (зяблик, серая ворона и сорока). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0.25 – 1.15 особ. / 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 – 12) более чем в два раза меньше, чем на контрольном участке (26). Все это свидетельствует об угнетенном состоянии сообществ птиц в зоне дорожного эффекта федеральной автомагистрали.

Экологическая структура сообществ птиц в зоне дорожного эффекта представлена в табл. 2, 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна в экосистемах смешанного леса увеличивается количество видов (от 4 до 11). Для этой группы животных характерны весьма небольшие значения индекса Шеннона. Так, минимальный индекс Шеннона (0.58) зарегистрирован в непосредственной близости от автодороги в пункте наблюдения 1. Для пунктов наблюдения 2 – 4 (см. табл. 2) этот показатель увеличивается: соответственно 0.73, 0.93 и 0.99. Величина индекса Пиелу (0.92 – 0.98) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство оставалось на уровне средних величин: в пункте наблюдения 1 (1.88) и увеличивалось до 3.5 в пункте наблюдения 4. Индекс доминирования был низким практически для всех четырех пунктов наблюдения (0.12 – 0.36), подчеркивая отсутствие явно доминантных видов в рассматриваемых сообществах птиц. При выявлении сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта с помощью индекса Уиттекера отмечено минимальное сходство между собой сообществ в пунктах наблюдения 1 и 4 (0.38). То же отмечается для пунктов наблюдения 1 и 3 (0.46) и пунктов наблюдения 3 и 4 (0.48).

В экосистемах суходольного луга зарегистрировано на пункте наблюдения 4 11 видов птиц. На остальных пунктах наблюдения это число находилось в пределах 4 – 6 видов (см. табл. 3). Эти весьма небольшие показатели свидетельствуют о влиянии автомагистрали на сообщества этой группы животных в зоне дорожного эффекта. И становится понятным, что для «открытых» биотопов (луговые, водоёмы, пашни) ширина зоны дорожного эффекта увеличивается. В лесных биотопах показатели видового состава и плотности стабилизируются примерно после 50 – 100 м удаления от дорожного полотна. В данном случае видовой состав и плотность птиц увеличиваются только на территории пункта наблюдения 4 (в 800 м от дорожного полотна), где они составили 11 видов и 1.0 особ. / 1 га соответственно. В видовом составе преобладают представители открытых пространств и синантропные представители (белая трясогузка, серая ворона и сорока). При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что на всех пунктах наблюдения в зоне дорожного эффекта (0.3 – 1.0 особ. / 1 га) плотность более чем в 5 раз ниже, чем на контрольном участке (4.3 особ. / 1 га). Кроме того, количество видов в зоне дорожного эффекта (максимально – 11) почти в два раза меньше, чем на контрольном участке (20). Все это подчеркивает угнетенное состояние сообществ птиц в экосистемах суходольного луга зоны дорожного эффекта.

Минимальное разнообразие зарегистрировано в непосредственной близости от автодороги (0.57 и 0.58) в пунктах наблюдения 1 и 2. В пределах пунктов наблюдения 3 и 4 этот показатель незначительно увеличивается (соответственно 0.75 и 1.01). Величина индекса Пиелу (0.95 – 0.97) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство было минимальным в пункте наблюдения 1 (1.36) и увеличивалось до 3.33 в пункте наблюдения 4. Индекс доминирования был низким (0.11 – 0.3), свидетельствуя об отсутствии в сообществах птиц явно доминантных видов, таких как белая трясогузка, луговой чекан, серая славка и некоторые другие (см. табл. 3). Наименее сходными оказались между собой сообщества пунктов наблюдения 1 и 2 (0.5), а также пунктов 2 и 4 (0.53) и пунктов 3 и 4 (0.59). Выраженного сходства по этой группе животных по четырем пунктам наблюдения в экосистемах суходольного луга не отмечено.

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 более 500 м от дорожного полотна (пункт наблюдения 3 – 7.0% и пункт наблюдения 4 – 8.0%). Весьма низкая численность отмечена для пунктов наблюдения 1 (2.0%) и 2 (4.0%), расположенных в непосредственной близости от дорожного полотна. Причем доминируют здесь наиболее многочисленные и широко распространенные виды. Состав их такой же, как и на контрольном участке (малая лесная мышь, желтогорлая мышь и рыжая полёвка). Вызывает определенный интерес присутствие некоторых видов (полёвка-экономка), отмеченных в зоне дорожного эффекта, редко встречающихся и в естественных природных условиях. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что по пунктам наблюдения 1 и 2 (соответственно 2.0% и 4.0%) зоны дорож-

ного эффекта численность мелких млекопитающих почти в 6 раз ниже, чем на контрольном участке (19.0%). На пунктах наблюдения 3 и 4 (соответственно 7.0 и 8.0%) ситуация несколько улучшается, но, тем не менее, далеко не достигает показателей контрольного участка.

Экологическая структура сообществ мелких млекопитающих в экосистемах смешанного леса зоны дорожного эффекта представлена в табл. 2. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна, как и на региональной автотрассе, увеличивается количество видов (от 2 до 5). Минимальное разнообразие зарегистрировано в непосредственной близости от автодороги (0.3) в пункте наблюдения 1 и (0.45) в пункте наблюдения 2. В пределах пунктов наблюдения 3 и 4 этот показатель увеличивается в два раза (соответственно 0.68 и 0.67). Величина индекса Пиелу (0.94 – 1.0) свидетельствует, что для видов, которые отмечены на всех четырех пунктах наблюдения, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство, учитывая их незначительное количество, было невысоким для всех четырех пунктов наблюдения (1.44 – 2.05). Индекс доминирования оставался на уровне средних величин (см. табл. 3). В пункте наблюдения 1 он был выше (0.5), чем на остальных (0.22 – 0.37). Явного доминирования какого-то определенного вида не отмечено. При выявлении степени сходства сообществ этой группы животных в зоне дорожного эффекта отмечено, что наиболее сходными оказались между собой сообщества пунктов наблюдения 1 и 2 (0.8). Незначительно отличались друг от друга по видовой структуре и численному соотношению сообщества пунктов наблюдения 2 и 4, 3 и 4.

В экосистемах суходольного луга (см. табл. 3) отмечается, что численность для пунктов наблюдения 3 и 4 (6.0 – 7.0%) находилась примерно на одном уровне. Это достаточно низкий показатель, который свидетельствует о негативном влиянии автомагистрали на сообщества данной группы животных. Вероятно, для «открытых» экосистем (луговые, водоёмы, пашни) ширина зоны дорожного эффекта увеличивается. Так, в лесных экосистемах показатель численности стабилизировался примерно после 50 – 100 м от дорожного полотна. В данном случае численность увеличивается только на территории пункта наблюдения 3 (в 500 м от дорожного полотна). В видовом составе преобладают представители открытых пространств (обыкновенная полёвка и полевая мышь). Единично отмечены и такие эврибионтные виды, как малая лесная мышь (до 1.0%) и рыжая полёвка (1.0%). В пределах пункта наблюдения 1, расположенного в непосредственной близости от дорожного полотна, мелких млекопитающих не было вовсе. При сравнении полученных данных с результатами контрольного участка отмечается, что по всем пунктам наблюдения зоны дорожного эффекта федеральной автомагистрали численность мелких млекопитающих более чем в 2 раз ниже, чем на контрольном участке (16.8%).

Экологическая структура сообществ мелких млекопитающих в экосистемах суходольного луга зоны дорожного эффекта представлена в табл. 3. Отмечается, что по мере удаления от дорожного полотна увеличивается количество видов (от 0 до 4). Индекс разнообразия мелких млекопитающих в биотопах суходольного луга для пункта наблюдения 2 составил 0.27. Лишь в пунктах наблюдения 3 и 4 этот

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

показатель увеличивается до 0.56. Величина индекса Пиелу (0.9 – 0.3) свидетельствует, что для видов, обитающих в зоне дорожного эффекта, условия существования в целом удовлетворительные. Видовое богатство в зоне дорожного эффекта было низким (0.91 – 1.68). Индекс доминирования находился на уровне средних величин, и явного преобладания какого-то одного вида не наблюдалось (см. табл. 3). Сходство отмечено между сообществами пунктов наблюдения 2 и 3 (0.67), 2 и 4 (0.67), 3 и 4 (0.5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования выявили значительное негативное воздействие на экологическую структуру позвоночных животных в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей. Достаточно часто в пределах пунктов наблюдения 1 и 2, расположенных до 200 м 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). В данном случае зона дорожного эффекта даже в лесных экосистемах может простираться до 300 – 400 м, а структура объектов животного мира практически до пункта наблюдения 4 в значительной степени отличается по сравнению с контрольным участком. При этом для луговых экосистем величина зоны дорожного эффекта может увеличиваться до 1000 – 1200 м. Для федеральных автомагистралей в экосистемах смешанного леса зона дорожного эффекта составляет в среднем около 500 м. Для группы мелких млекопитающих в экосистемах смешанного леса воздействие автомагистрали на структуру сообществ рассматриваемой группы животных продолжается вплоть до пункта наблюдения 4 (500 м от дорожного полотна). И действительно, если взять такой значимый экологический показатель, как численность, то по сравнению с контрольным участком (18.0% на 100 л/с), он для всех четырех пунктов наблюдения составил соответственно 2.0, 4.0, 7.0 и 8.0%, т.е. более чем в 3 раз меньше. Лишь в пределах пунктов наблюдения 3 и 4 его значение несколько увеличивается, впрочем, далеко не достигая уровня контрольного участка.

Сходная картина наблюдается в экосистемах смешанного леса и для гнездящихся птиц. Даже если учитывать достаточно подвижный образ жизни этих животных, тем не менее, наблюдается значительное воздействие зоны дорожного эффекта федеральных автомагистралей на сообщества птиц. Причем, как правило, в зоне дорожного эффекта преобладают представители семейства врановых (сорока, серая ворона, сойка). Что касается земноводных и пресмыкающихся, ведущих оседлый и малоподвижный образ жизни, то в данном случае их сообщества в зоне дорожного эффекта федеральных автомагистралей находятся в угнетенном состоянии.

В экосистемах суходольного луга для группы мелких млекопитающих воздействие автомагистрали на численность зверьков распространяется до пункта наблюдения 3 включительно (500 м от дорожного полотна), где этот показатель составляет 6.0%. В пределах пункта наблюдения 1 мелкие млекопитающие чаще всего не встречаются. В целом численность их на пунктах наблюдения 2, 3 и 4

практически остается на одном уровне (3.0 – 6.0 и 7.0% соответственно), что примерно в три раза меньше контрольного участка (13.0% на 100 л/с). На примере гнездящихся птиц наблюдается сходная картина. На контрольном участке плотность птиц составляет 1.45 особ. / 1 га территории. Минимальные значения этого показателя отмечены для пунктов наблюдения 1 (0.45 особ. / 1 га), 2 (0.3 особ. / 1 га) и 3 (0.45 особ. / 1 га). Лишь в пределах пункта наблюдения 4 плотность незначительно увеличивается до 1.0 особей на 1 га, приближаясь к таковой контрольного участка. Даже эта, достаточно подвижная группа животных демонстрирует увеличение ширины зоны дорожного эффекта в экосистемах суходольного луга федеральных автомагистралей. Снижение численности и плотности оседлых и малоподвижных земноводных и пресмыкающихся свидетельствует об отрицательном воздействии зоны дорожного эффекта на этих животных. В целом автомобильный транспорт федеральных автомагистралей оказывает выраженное негативное воздействие на популяции разных классов животных. Следствием этого является формирование своеобразной зоны дорожного эффекта, приуроченной к дорожному полотну. В лесных экосистемах ширина этой зоны находится в пределах 400 м, в луговых экосистемах она может достигать ширины 1200 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Земноводные и пресмыкающиеся Нижегородской области / под ред. М. В. Пестова. Н. Новгород : Принт Экспресс, 2007. 66 с.
- Камеральная обработка полевого материала (Micromammalia) / под ред. А. И. Дмитриева. Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. пед. ун-та, 2009. 159 с.
- Карасева Е. В., Телицина А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М. : Изд-во «ЛКИ», 2008. 412 с.
- Морозов Н. С. Методология и методы учета в исследованиях структуры сообществ птиц: некоторые критические соображения // Успехи современной биологии. 1992. Т. 112, вып. 1. С. 139 – 153.
- Наумов Р. Л. Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1963. 137 с.
- Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М. : Наука, 1963. 322 с.
- Равкин Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1967. С. 66 – 75.
- Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т охраны природы и заповедного дела. М., 1990. 36 с.
- Розенберг Г. С., Мозговой Д. П., Гелашивили Д. Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара : Изд-во Самар. науч. центра РАН, 1999. 396 с.
- Auerbach N. A., Walker M. D., Walker D. A. Effects of roadside disturbance on substrate and vegetation properties in arctic tundra // Ecological Applications. 1997. № 7. P. 218 – 235.
- Bennett A. F. Roads, roadsides and wildlife conservation : a review // Nature Conservation 2 : The Role of Corridors / eds. D. A. Saunders, R. J. Hobbs. Chipping Norton : Surrey Beatty & Sons Pty Limited, 1991. P. 99 – 118.
- Forman R. T., Alexander L. E. Roads and their major ecological effects // Annual Review of Ecology and Systematics. 1998. Vol. 29, № 5. P. 207 – 221.
- Mader H. J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields // Biol. Conserv. 1984. Vol. 29, № 3. P. 81 – 96.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Müller S., Berthoud G. Fauna and traffic safety. Lausanne, CH: LAVOC. Niering W.A. and Goodwin R.H. Creation of relatively stable shrublands with herbicides : arresting «succession» on right-of-way and pasture land // Ecology. 1997. Vol. 55. P. 784 – 795.

Reck H., Kaule G. Strassen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Bonn ; Bad Godesberg : Bundesministerium für Verkehr, 1993. 126 s.

Ritters K. H., Wickham J. D. How far to the nearest road? // Frontiers in Ecology and the Environment. 2003. Vol. 1, № 2. P. 125 – 129.

Scanlon P. F. Heavy metals in small mammals in roadside environments – implications for food chains // Science of the Total Environment. 1987. Vol. 59, № 4. P. 317 – 323.

Seiler A. Ecological Effects of Roads : a review / Swedish Univ. of Agricultural Sciences. Uppsala, 2001. Iss. 9. P. 1 – 40.

Shaw E. G. Noise environments outdoors and the effects of community noise exposure // Noise Control Engineering J. 1996. Vol. 44, № 6. P. 109 – 119.

Vangent H. A., Rietveld P. Road transport and the environment in Europe // Science of the Total Environment. 1993. Vol. 129, № 8. P. 205 – 218.