

---

## ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

© А.Н. ЖЕВНОВСКАЯ, С.Н. ГАШЕВ

*a.n.zaytseva@mail.ru, gsn-61@mail.ru*

УДК 591.522:599.323

### **ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

*АННОТАЦИЯ. Показано влияние электромагнитного поля промышленной частоты от системы распределения и передачи электричества на видовую структуру сообщества мелких млекопитающих в зоне воздействия.*

*SUMMARY. The article shows the influence of electromagnetic field of commercial frequency from distribution system and electricity transfer on species structure of small mammal's community in affected zone.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Мелкие млекопитающие, видовое разнообразие, электромагнитное поле.*

*KEY WORDS. Small mammals, species diversity, electromagnetic field.*

Интенсивное использование электромагнитной и электрической энергии в современном информационном обществе привело к тому, что в последней трети XX в. сформировался новый значимый фактор загрязнения окружающей среды — электромагнитный. К его появлению привело развитие современных технологий передачи информации и энергии, дистанционного контроля и наблюдения, некоторых видов транспорта, а также развитие ряда технологических процессов, где используются токи промышленной частоты и достаточного напряжения. В настоящее время признано, что электромагнитное поле (ЭМП) искусственного происхождения является важным и значимым экологическим фактором с высокой биологической активностью. Термин «глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды» официально введен в 1995 г. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), включившей эту проблему в перечень приоритетных для человечества.

Развитие электроэнергетики на современном этапе сопровождалось увеличением числа электростанций и воздушных линий электропередач (ВЛЭП) высокого и сверхвысокого напряжения, а также ростом их общей протяженности. Поэтому актуальным видится изучение различных аспектов воздействия на живые системы именно ЭМП промышленных частот. Последнее актуально еще и потому, что источники ЭМП данного частотного диапазона, в отличие от ЭМП радиодиапазона, в настоящее время распространены повсеместно и оказывают непрекращающееся воздействие на различные группы организмов. Живые орга-

низмы в процессе эволюции приспособились к определенному уровню ЭМП, резкое значительное повышение (в историческом аспекте) его уровня вызывает напряжение адаптационно-компенсаторных возможностей организма [1]. Известно также, что некоторые организмы обладают большей чувствительностью к ЭМП по сравнению с человеком [2], [3]. В этом случае принятие для них уровней, которые установлены в качестве предельно допустимых для человека, представляется нам спорным. Сильные отклонения ЭМП от естественного уровня в большую или меньшую стороны выходят за границы оптимума жизнедеятельности живых организмов и являются стрессорным фактором [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Анализ зарубежной и отечественной литературы показал, что накоплен большой материал по анализу воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) промышленной частоты на различные органы и системы млекопитающих. Однако вопрос о влиянии электромагнитного поля на структуру сообщества млекопитающих зоны воздействия остается малоизученным.

Таким образом, целью проведенного исследования явилось изучение видовой структуры сообщества мелких млекопитающих в зоне воздействия электромагнитного поля промышленной частоты в зависимости от системы передачи и распределения электроэнергии.

Материалом работы послужили результаты полевых исследований, проведенных в летние сезоны 2008-2010 гг. Для изучения были выбраны сообщества мелких млекопитающих вблизи источников электромагнитного излучения промышленной частоты (электростанция, линии электропередач различного напряжения). Всего было заложено пять экспериментальных участков на территории Ишимского административного района Тюменской области (первая и вторая площадки: электростанция / контроль1 относительно электростанции; третья / четвертая / пятая: ВЛЭП с напряженностью 110кВ / контроль2 / ВЛЭП с напряженностью 500кВ). Контрольные участки закладывались на территории со схожим биотопом, но достаточно удаленной от источника ЭМП, чтобы максимально избежать влияния электромагнитного излучения на объекты, обитающие в данном месте, а также случайного попадания в ловушки животных, переместившихся из зоны излучения. На всех участках регистрировалась величина электрического и магнитного поля при помощи приборов «ИЭП-05» и «ИМП-05».

Напряженность магнитного и электрического полей достоверно увеличивалась от контроля к ВЛЭП-500кВ, превышая под ВЛЭП-110кВ контрольные значения в 1,3 и в 6,5 раз, а под ЛЭП-500кВ — в 5,9 и в 26 раз соответственно. Экологически безопасная норма для электрического поля (диапазона 5 Гц-2 кГц) составляет 25В/м, а для магнитного поля (того же диапазона) — 250 нТл. Этим параметрам соответствовали показатели в контроле и под ВЛЭП-110кВ. Под ВЛЭП-500кВ и вблизи электростанции напряженность электрического поля значительно превышает принятую норму, но величина магнитной составляющей напряжения вписывается в допустимые границы.

Отловы животных на всех пробных площадях проводились по стандартной методике — линиями капканов Геро [10], [11], [12]. На опытных площадках (электростанция, ВЛЭП-110кВ и ВЛЭП-500кВ) линия выставлялась вдоль проводов. В целях исключения влияния на результаты исследований сезонной динамики сбор материала проводили по схеме, предусматривающей проведение

отловов в пяти исследуемых местообитаниях в течение 10 дней. Таким образом, отработано 7500 ловушко-суток, отловлено 813 мелких млекопитающих — представителей двух отрядов: Грызуны (Rodentia) и Насекомоядные (Insektivora).

Для комплексной оценки сообществ мелких млекопитающих использовали традиционные [13] и оригинальные [14] показатели биоразнообразия.

Как известно, на пессимизацию среды в первую очередь реагируют показатели суммарного обилия видов мелких млекопитающих в сообществе [13]. Относительное обилие максимально на контрольных участках и убывает в рядах: контроль — электростанция и контроль — ВЛЭП-110кВ — ВЛЭП-500кВ (табл. 1). Это может свидетельствовать об угнетающем действии фактора ЭМИ промышленной частоты на сообщество. Также на участках с высоким напряжением электромагнитного поля отмечено значительно меньшее количество видов. Так, на линии вблизи электростанции за три года учетов встречено 4 вида мелких млекопитающих, тогда как в контроле при аналогичном объеме учетного времени зарегистрировано 9 видов.

Таблица 1

**Общие показатели видового состава и обилия животных в сообществах  
мелких млекопитающих исследованных биотопов**

Местообитание Показатели	Электро- станция (f=4)	Кон- троль1 (f=4)	ВЛЭП- 500кВ (f=4)	ВЛЭП- 110кВ (f=4)	Кон- троль2 (f=4)
Относительное обилие, экз./100лов.- сут.	7±1,8*	13,6±1,01	7,93±1,67•	11,13±1,67	14,53±1,20
Количество встреченных видов, шт.	3±0,58**	8±0,58	3,67±0,33••	5±0,58••	9,67±0,67

Примечание: \*статистически достоверное различие с контролем1 (контроль к электростанции); •с контролем2 (контроль к ВЛЭП). Отличия достоверны при  $P < 0,05$ . Два условных знака — отличия достоверны при  $P < 0, 01$ ; f — число повторностей.

Стоит отметить тот факт, что участки ВЛЭП-110кВ и ВЛЭП-500кВ, отличающиеся величиной регистрируемого напряжения электромагнитного поля, тоже различаются между собой по показателю относительного обилия и числу встреченных видов. Максимальное же относительное обилие (14,53±1,20 экз./100лов.-сут.) и наибольшее количество видов (11 шт.) зарегистрировано для контрольного участка (контроль к ВЛЭП). Уместным будет предположить, что обилие и видовая структура сообщества мелких млекопитающих зависят не только от присутствия такого фактора среды, как ЭМП промышленной частоты, но и от величины его напряжения. Чтобы найти подтверждение данному предположению, мы изучили видовое разнообразие выборок, как одну из важнейших характеристик сообщества, отражающую сложность его видовой структуры.

Уменьшение видового разнообразия сообщества свидетельствует об упрощении его видовой структуры и о нарушении соотношений между видами по обилию. Как характеристика структурной сложности видовое разнообразие связано с устойчивостью биоценоза и может отражать степень его нарушенности, обеспеченности энергией, степень стабильности среды и др. [13], [15]. В сообществах,

подвергающихся стрессовым воздействиям, видовое разнообразие невелико; но, кроме того, оно может снижаться в результате конкуренции в старых сообществах, существующих в стабильной физической среде [1], [13], [16].

Видовое разнообразие включает в себя два компонента: видовое богатство (насыщенность сообщества видами) и выравненность видовой структуры (степень равномерности распределения видов по обилию). В нашем исследовании в качестве индекса видового богатства использовали индекс Маргалефа. Второй важный показатель — видовое разнообразие может быть представлено в форме двух индексов: индекс видового разнообразия Симпсона и индекс видового разнообразия Шеннона. Для характеристики выравненности видов в сообществе использовали индекс Пиелу, а также обратно пропорциональный ему индекс доминирования Симпсона.

Исследования показали, что сообщество мелких млекопитающих, обитающих вблизи электростанции, и сообщество контрольного участка различаются по показателям видового богатства и видового разнообразия (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих на исследованных местообитаниях**

Показатели	Электростанция (n=105)	Контроль1 (n=204)
Инд. вид. богатства	1,48	3,46
Инд. вид. разнообразия Шеннона (H)	1,1	1,72
Инд. вид. разнообразия Симпсона (D)	0,63	0,78
Инд. доминирования Симпсона (C)	0,37	0,22
Инд. выравненности Пиелу (E)	0,55	0,75

Сообщество электростанции в сравнении с контролем имеет более низкий показатель индекса видового богатства. Так, при контрольном значении индекса 3,46 видовое богатство сообщества близ электростанции имеет показатель лишь 1,48. Это говорит о том, что присутствие такого фактора среды как сильное электромагнитное поле промышленной частоты снижает число видов в сообществе мелких млекопитающих.

Меньшие значения относительно контроля имеют индексы видового разнообразия Симпсона и Шеннона. Это говорит о снижении в исследуемом сообществе обилия как редких, так и массовых видов. Чем меньше индекс Шеннона, тем меньше и видовое разнообразие сообщества. Об уменьшении видового разнообразия в сообществе зоны воздействия ЭМИ промышленной частоты относительно контроля свидетельствует также возрастание индекса доминирования Симпсона (0,37 относительно контрольного 0,22).

Построение кривых доминирования позволило наглядно сравнить исследованные сообщества по компонентам разнообразия (количество видов и их обилие). Кривую доминирования очень часто используют для оценки влияния различных стрессовых явлений на видовую структуру сообществ. Чем круче падает кривая, тем меньше общее разнообразие и сильнее доминирование одного или нескольких видов [13]. Кривая доминирования сообщества мелких млекопитающих, обитающих вблизи электростанции, более крутая в сравнении с более пологой контрольной, что свидетельствует о стрессовой ситуации

в сообществе, вызванной воздействием фактора ЭМИ промышленной частоты (рис. 1).

Доминирующим видом в сообществе на участке вблизи электростанции выступила мышь полевая (*Apodemus agrarius*), содоминантами были полевка обыкновенная (*Microtus arvalis*) и полевка узкочерепная (*Microtus gregalis*). На контрольном участке не выявлено вида доминантата, в уловах содоминировали мышь полевая (*Apodemus agrarius*) — 30,9% и бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus*) — 25%. Большого обилия также достигают узкочерепная и обыкновенная полевки — 20,1% и 10,3% соответственно.

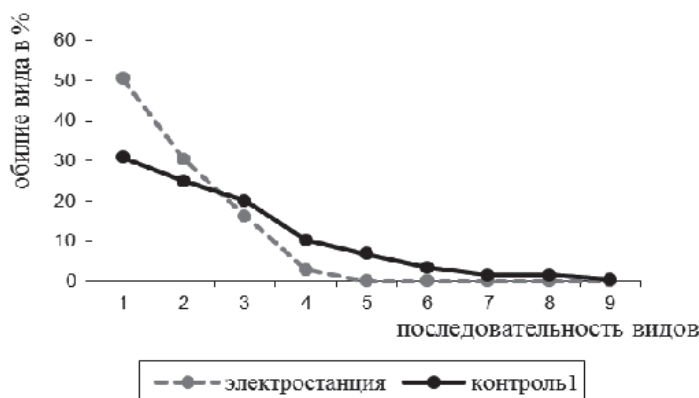


Рис. 1. Кривые доминирования сообществ мелких млекопитающих электростанции и контроля к электростанции.

По мере увеличения значения электромагнитного напряжения на участках в ряду контроль2 — ВЛЭП-110кВ — ВЛЭП-500кВ кривая доминирования становится более крутой, что говорит о постепенном увеличении стрессовости условий (рис. 2).

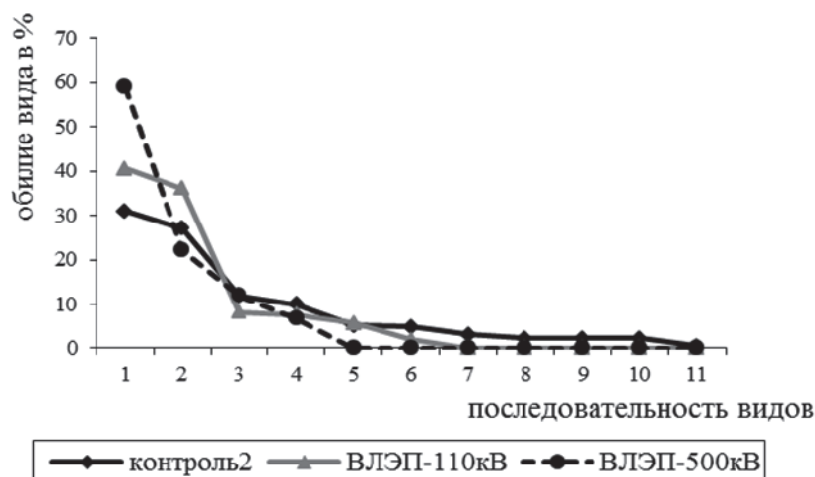


Рис. 2. Кривые доминирования сообществ мелких млекопитающих ВЛЭП-500кВ, ВЛЭП-110кВ и контроля к ВЛЭП.

Таким образом, величина напряжения электромагнитного поля промышленной частоты влияет на видовое разнообразие сообщества мелких млекопитающих, обитающих в зоне его воздействия. Соответственно полученным данным, чем выше регистрируемое напряжение электромагнитного поля на участке, тем больший стресс испытывает сообщество и тем меньше его видовое разнообразие и сильнее доминирование одного или нескольких видов. Данное утверждение находит свое подтверждение и при сравнении индексов видового разнообразия исследованных сообществ (табл. 3).

Таблица 3

**Индексы видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих  
на исследованных местообитаниях**

Показатели	ВЛЭП- 500кВ (n=117)	ВЛЭП- 110кВ (n=158)	Кон- троль2 (n=229)
Инд. вид. богатства	1,93	2,27	4,2
Инд. вид. разнообразия Шеннона (H)	1,16	1,37	1,88
Инд. вид. разнообразия Симпсона (D)	0,60	0,69	0,80
Инд. доминирования Симпсона (C)	0,40	0,31	0,20
Инд. выравнивания Пиелу (E)	0,55	0,62	0,78

В ряду исследованных биотопов контроль2 — ВЛЭП-110кВ — ВЛЭП-500кВ наблюдается уменьшение индексов видового богатства, индексов видового разнообразия Шеннона и Симпсона. На фоне уменьшения равномерности распределения видов по обилию в сообществе происходит увеличение индекса доминирования Симпсона.

Доминирующим видом на участках с высоким напряжением электромагнитного поля выступила мышь полевая (*Apodemus agrarius*), причем доля вида в уловах возрастает в ряду: контроль2 — ВЛЭП-110кВ — ВЛЭП-500кВ. Содоминантом на участках ВЛЭП-110кВ и ВЛЭП-500кВ выявлена обыкновенная полевка. На контрольном участке содоминировали мышь полевая и бурозубка обыкновенная, большое обилие также отмечено у узкочерепной и обыкновенной полевок.

Интересно отметить тот факт, что в уловы вблизи электростанции и ВЛЭП-500кВ за все время исследований не попались насекомоядные млекопитающие, в то время как на контрольных участках доля этих животных в уловах была велика. Так, на контроле1 доля насекомоядных животных в улове составила 29,9% и на контроле2 — 32,84%. На участке под линией электропередач с напряжением 110кВ насекомоядные млекопитающие попадались в улов, но их доля относительно контроля2 невелика — 9,5%.

Возникло предположение о том, что разные виды мелких млекопитающих обнаруживают разную чувствительность к присутствию такого антропогенного фактора среды, как электромагнитное поле промышленной частоты (табл. 4).

Таблица 4

**Обилие наиболее часто встречающихся видов мелких млекопитающих на участках с различной величиной напряжения электромагнитного поля**

Местообитание Виды	ВЛЭП-500	ВЛЭП-110	Контроль <sup>2</sup>
Мышь полевая ( <i>Apodemus agrarius Pallas, 1771</i> )	59%	40,5%	31%
Полевка обыкновенная ( <i>Microtus arvalis Pallas, 1778</i> )	22,2%	36,1%	10%
Полевка узкочерепная ( <i>Microtus gregalis Pallas, 1779</i> )	12%	5,7%	11,8%
Бурозубка обыкновенная ( <i>Sorex araneus Linnaeus, 1758</i> )	0%	7,6%	27,1%

По мере увеличения значения напряжения электромагнитного поля возрастает обилие полевой мыши, которая на фоне уменьшения выравненности в сообществе становится доминирующим видом на участках ВЛЭП-110 кВ и ВЛЭП-500 кВ. Обратная зависимость прослеживается для обилия бурозубки обыкновенной, которое снижается по мере увеличения значения напряжения на участке. Обилие бурозубки обыкновенной равно нулю на участках вблизи электростанции и ВЛЭП-500 кВ. Обилие обыкновенной полевки возрастает на участке под ВЛЭП-110 кВ относительно контрольного более чем в три раза, но на участке под ВЛЭП-500 кВ снижается до 22,2%. Обилие полевки узкочерепной снижается на участке под ВЛЭП-110 кВ, но вновь возрастает на участке под ВЛЭП-500 кВ, незначительно превышая контрольное значение.

Таким образом, возникновение в среде искусственного электромагнитного поля промышленной частоты снижает в сообществе мелких млекопитающих зоны воздействия долю насекомоядных млекопитающих, в частности, бурозубки обыкновенной, величина обилия которой обратно зависит от величины регистрируемого напряжения. Можно отметить, что данный вид оказался самым чувствительным к присутствию ЭМП промышленной частоты в среде. Мышь полевая встречается в уловах на всех трех исследованных участках. По мере увеличения значения напряжения в зоне воздействия ЭМП происходит снижение видового разнообразия и выравненности видов в сообществе, что ведет к увеличению обилия данного вида среди прочих. На участках с большим напряжением электромагнитного поля промышленной частоты полевая мышь доминирует в сообществе. Увеличение обилия в уловах обыкновенной полевки на участке под ВЛЭП-110кВ, возможно, объясняется снижением обилия двух других видов — полевки узкочерепной и бурозубки обыкновенной, которые в контроле являются содоминантами данного вида.

В целом отмеченные закономерности подтверждают полученные ранее на пробных площадях под ВЛЭП-110 и -500 кВ в луговых биотопах под г. Тюменью [17].

#### **Выводы**

Относительное обилие мелких млекопитающих и количество встреченных видов убывает в рядах: контроль — электростанция и контроль — ВЛЭП-110кВ — ВЛЭП-500кВ. Это может свидетельствовать об угнетающем действии фактора ЭМИ промышленной частоты на сообщество.

Величина напряжения электромагнитного поля промышленной частоты влияет на видовое разнообразие сообщества мелких млекопитающих, обитающих в зоне его воздействия. Соответственно полученным данным, чем выше регистрируемое напряжение ЭМП на участке, тем больший стресс испытывает сообщество и тем меньше его видовое разнообразие и сильнее доминирование одного или нескольких видов.

По мере увеличения значения напряжения электромагнитного поля возрастает обилие полевой мыши, которая на фоне уменьшения выравненности в сообществе становится доминирующим видом на участках ВЛЭП-110кВ и ВЛЭП-500кВ. Обратная зависимость прослеживается для обилия бурозубки обыкновенной, которое снижается по мере увеличения значения напряжения на участке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гичев Ю.П., Гичев Ю.Ю. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека: Аналитический обзор. Вып. 52. Новосибирск: СО РАН. ГПНТБ, 1999. 90 с.
2. Темурыянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев: Наукова думка, 1992. 187 с.
3. Золотов Г.В. Реагирование организмов разной сложности на низкочастотное электромагнитное поле: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Рязань, 2004. 23 с.
4. Холодов Ю.А., Лебедева Н.Н. Реакции нервной системы человека на электромагнитные поля. М.: Наука, 1992. 136 с.
5. Муратов Е.И. Влияние излучений персонального компьютера на развитие новообразований в эксперименте: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. СПб., 1997. 17 с.
6. Кочиева Э.Р. Оценка действия на биологические объекты электромагнитных излучений промышленной частоты: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владикавказ, 2006. 23 с.
7. Александрова Л.И. Морфология органов иммунной системы при воздействии переменного электромагнитного поля промышленной частоты: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М., 1995. 40 с.
8. Иванова С.В. Влияние электромагнитного облучения низких частот на морфофункциональное состояние семенников крыс: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2002. 15 с.
9. Гашев С.Н., Зайцева А.Н. Фауна и экология мелких млекопитающих в зоне воздействия электромагнитного поля промышленной частоты: М-лы Междунар. науч.-практич. конф. «Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития». Ишим, 25-26 марта 2010. Ишим, 2010. С. 144-145.
10. Коренберг Э.Н., Кучерук В.В. Количественный учет важнейших носителей болезней. М.: Медицина, 1964.
11. Новиков Г.А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных. М.: Сов. наука, 1949.
12. Юргенсон П.Б. Количественный учет мышевидных грызунов и динамика их численности в различных типах леса: Труды Центр. лесн. зап-ка. Вып. 2. Смоленск, 1937.
13. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. 376 с.
14. Гашев С.Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: Издательство ТюмГУ, 2000. 220 с.
15. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981.
16. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с.
17. Гашев С.Н., Пахомова Л.В. Влияние воздушных линий электропередач на сообщества мелких млекопитающих: М-лы Междунар. совещания «Териофауна России и сопред. Территорий». Москва, 6-7 февраля 2003. М.: ВТО РАН, 2003. С. 91-92.