

УДК 598.2(470.5)+504.74.05:504.054:661.67

## РЕАКЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ ЮЖНОЙ ТАЙГИ СРЕДНЕГО УРАЛА НА ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

© 2003 г. Е. А. Бельский, А. Г. Ляхов

Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Поступила в редакцию 15.07.2001 г.

На основе собственных и литературных данных показаны основные реакции населения птиц boreальных лесов на комплексное воздействие двуокиси серы и тяжелых металлов. Загрязнение среды приводит к сокращению видового богатства, уменьшению общей плотности, биомассы и снижению стабильности гнездового населения птиц. На деградированных территориях изменяется структура сообщества: 1) типично лесные виды замещаются видами открытых местообитаний; 2) уменьшается доля видов, гнездящихся в верхнем ярусе древостоя, и увеличивается доля видов, гнездящихся на земле.

*Ключевые слова:* население птиц, южная тайга, техногенное загрязнение.

Сообщества птиц формируются в тесной связи с условиями окружающей среды. Видовой состав, общее и частное видовое обилие, структура населения птиц конкретной территории отражают ее географическое положение, погодно-климатические, фитоценологические и другие природные условия, а также характер и величину антропогенного воздействия (Равкин, 1984). Эти особенности населения птиц дают возможность широко использовать характеристики их сообществ и популяций для мониторинга окружающей среды (Koskimies, 1989). При мониторинге экологического состояния локальных территорий возникает необходимость учета специфики как действующих природных и антропогенных факторов, так и самого "инструмента" мониторинга – населения птиц. Это обстоятельство подчеркивает важность региональных исследований реакций орнитофауны на действующие экологические факторы. Вместе с тем анализ такой информации, накопленной на региональном уровне, позволяет выявить некоторые общие закономерности адаптации сообществ и популяций птиц к неблагоприятным факторам среды.

К настоящему времени ощущается дефицит опубликованной информации о реакциях населения птиц Среднего Урала на химическое загрязнение среды. Среди источников вредных для окружающей среды выбросов выделяются предприятия цветной металлургии, в частности медеплавильные заводы с первичной плавкой. Токсичность их выбросов обусловлена сочетанным действием сернистого газа, тяжелых металлов и в ряде случаев соединений фтора (Воробейчик и др., 1994). Целью настоящей работы было изучение трансформации структуры сообществ

лесных птиц на юге Среднего Урала (подзона южной тайги) в градиенте техногенного загрязнения среды.

### РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы проведены в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода (г. Ревда, Свердловская обл.) в 1991–1993 и 1999–2001 гг. Зоны токсической нагрузки были выделены по результатам анализа проб снега, почвы, а также по состоянию фитоценозов (Воробейчик и др., 1994). Уровень токсической нагрузки оценивали по концентрациям тяжелых металлов в лесной подстилке, определяемым в слабокислых вытяжках (5%  $\text{HNO}_3$ ). Зона сильного загрязнения (импактная) простирается в выбранном нами западном направлении до 3 км от завода. Содержание кислоторастворимых форм меди в подстилке здесь составляло  $5497.6 \pm 166.6$  мкг/г сухой массы, свинца –  $1562.2 \pm 48.0$  мкг/г ( $n = 47$ ). В зоне умеренного загрязнения (буферной, до 15 км от завода) средние концентрации в подстилке составили: меди  $1000.4 \pm 170.7$  мкг/г, свинца  $404.3 \pm 44.2$  мкг/г ( $n = 32$ ). На фоновой территории маршруты заложены в 16 и 20 км от завода, средние уровни меди  $53.8 \pm 2.2$  мкг/г, свинца  $63.9 \pm 1.9$  мкг/г сухой массы подстилки ( $n = 32$ ).

Учеты гнездового населения птиц проведены нами в двух типах лесных биотопов, преобладающих в районе исследований: это условно коренной темнохвойный лес (средневозрастный пихтоельник липняковый с небольшой примесью сосны, березы, осины) и производный мелколиственный лес (средневозрастный осиново-березовый лес с небольшой примесью хвойных). В им-

**Таблица 1.** Длина (км) пройденных учетных маршрутов в разных зонах загрязнения по годам (в скобках – количество учетов)

| Год   | Темнохвойный лес          |          |           | Мелколиственный лес |          |           |
|-------|---------------------------|----------|-----------|---------------------|----------|-----------|
|       | Зона токсической нагрузки |          |           |                     |          |           |
|       | фоновая                   | буферная | импактная | фоновая             | буферная | импактная |
| 1991  | –                         | 6.0 (2)  | 5.6 (3)   | –                   | –        | 1.8 (1)   |
| 1992  | 3.9 (2)                   | 6.4 (2)  | 3.0 (2)   | –                   | –        | –         |
| 1993  | –                         | 16.2 (6) | 5.4 (3)   | –                   | –        | –         |
| 1999  | 8.5 (4)                   | 15.1 (7) | 8.9 (3)   | 10.0 (3)            | 4.7 (4)  | 14.6 (3)  |
| 2000  | 11.1 (4)                  | 7.3 (4)  | 12.0 (4)  | 13.2 (4)            | 4.4 (4)  | 19.7 (4)  |
| 2001  | 11.1 (4)                  | 7.3 (4)  | 12.0 (4)  | 13.2 (4)            | 4.3 (4)  | 18.5 (4)  |
| Всего | 34.6                      | 58.3     | 46.9      | 36.4                | 13.4     | 54.6      |

пактной зоне в обоих типах леса древостой разрежен и подвержен усыханию. Доля сухостоя по плотности в хвойном лесу импактной зоны составляет 27–44% (Воробейчик и др., 1994). Рекреационная нагрузка на всех участках в гнездовой период минимальна.

Протяженность пройденных учетных маршрутов, их распределение по годам, типам леса и зонам загрязнения отражены в табл. 1. Учеты проводили в период с 15 мая по 23 июня, но в основном с 1 по 18 июня. Повторные учеты предпринимали после завершения первого цикла учетов на всех участках, т.е. с интервалом в 7–10 дней. В 1991–1993 гг. учеты проведены А.Г. Ляховым, в 1999–2001 гг. – совместно с Е.А. Бельским.

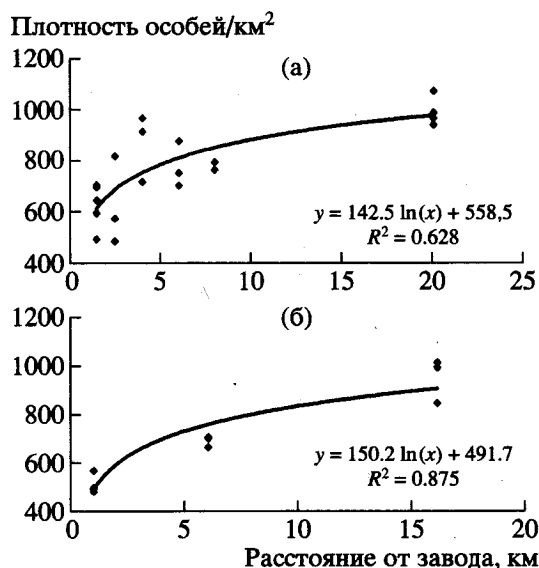
Учеты проводили в раннеутренние часы на маршрутах с нефиксированной учетной полосой, ширина которой для каждого вида определяется средней дальностью его обнаружения (Наумов, 1965; Щеголев, 1977). При учетах регистрировали как поющих самцов, так и птиц, издающих позывки, а также визуально обнаруженных птиц. Каждого территориального (поющего) самца считали за гнездящуюся пару. Поскольку одновременно поют не все самцы, при расчете количества территориальных пар применяли коэффициент активности, величина которого была установлена нами при неоднократном прохождении одного из постоянных маршрутов (с 30 апреля по 23 июня 1999 г. с интервалом, как правило, 10 дней). При расчете общей плотности гнездового населения исключены обыкновенные клесты *Loxia curvirostra*, которые в июне уже кочуют стайками, закончив размножение. Распределение видов по ярусам гнездования определяли по доле видов конкретной группы в % от общей

плотности, из которой было вычтено обилие кукушек.

Классификация предпочитаемых ярусов гнездования птиц приведена по В.Д. Захарову (1998), названия видов – по Л.С. Степаняну (1975, 1978).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные характеристики населения птиц изучаемого района, усредненные за весь период исследований, приведены в табл. 2. В обоих биотопах с ростом токсической нагрузки сокращается как общее за все годы, так и среднее за год количество видов, попавших в учеты. Различия



**Рис. 1.** Зависимость общей плотности населения птиц темнохвойного (а) и мелколиственного (б) типов леса от расстояния до завода.

**Таблица 2.** Плотность населения птиц (особей/км<sup>2</sup>) в градиенте токсической нагрузки (средние показатели за 1991–1993 и 1999–2001 гг.; виды с обилием меньше 1 ос./км<sup>2</sup> на всех участках не показаны, но учтены при расчете общей плотности и количества видов)

| Вид   | Темнохвойный лес          |          |           | Мелколиственный лес |          |           |
|---|---------------------------|----------|-----------|---------------------|----------|-----------|
|   | Зона токсической нагрузки |          |           |                     |          |           |
|   | фоновая                   | буферная | импактная | фоновая             | буферная | импактная |
| Зяблик <i>Fringilla coelebs</i>                         | 151.6                     | 105.9    | 84.3      | 155.9               | 147.3    | 57.9      |
| Зеленая пеночка <i>Phylloscopus trochiloides</i>        | 102.9                     | 96.5     | 50.0      | 69.0                | 90.7     | 20.4      |
| Зарянка <i>Erithacus rubecula</i>                       | 96.3                      | 76.1     | 52.1      | 69.4                | 86.3     | 25.5      |
| Желтоголовый королек <i>Regulus regulus</i>             | 52.3                      | 25.5     | 3.8       | 0                   | 0        | 0         |
| Буроголовая гаичка <i>Parus montanus</i>                | 47.3                      | 52.0     | 26.1      | 27.5                | 34.5     | 4.5       |
| Певчий дрозд <i>Turdus philomelos</i>                   | 45.8                      | 14.8     | 6.5       | 20.3                | 15.6     | 0.9       |
| Московка <i>Parus ater</i>                              | 42.2                      | 40.1     | 13.8      | 20.8                | 16.5     | 3.4       |
| Пеночка-теньковка <i>Phylloscopus collybita</i>         | 40.2                      | 40.0     | 27.3      | 16.1                | 36.4     | 16.2      |
| Пятнистый конек <i>Anthus hodgsoni</i>                  | 37.4                      | 15.4     | 6.5       | 24.4                | 23.9     | 4.7       |
| Обыкновенный снегирь <i>Pyrrhula pyrrhula</i>           | 35.9                      | 29.3     | 7.7       | 10.4                | 14.7     | 8.1       |
| Обыкновенная горихвостка <i>Phoenicurus phoenicurus</i> | 35.1                      | 27.3     | 53.9      | 18.1                | 15.6     | 30.5      |
| Обыкновенная чечевица <i>Carpodacus erythrinus</i>      | 34.3                      | 36.5     | 26.8      | 27.9                | 15.5     | 16.0      |
| Мухоловка-пеструшка <i>Ficedula hypoleuca</i>           | 34.2                      | 29.9     | 22.5      | 73.3                | 49.0     | 0.6       |
| Лесной конек <i>Anthus trivialis</i>                    | 29.9                      | 20.9     | 45.6      | 75.0                | 10.2     | 90.7      |
| Белобровик <i>Turdus iliacus</i>                        | 29.1                      | 2.5      | 0         | 56.0                | 12.9     | 0         |
| Славка-завирушка <i>Sylvia curruca</i>                  | 24.3                      | 32.2     | 29.6      | 2.0                 | 9.9      | 13.9      |
| Чиж <i>Spinus spinus</i>                                | 21.7                      | 26.4     | 8.9       | 5.3                 | 7.5      | 9.9       |
| Садовая славка <i>Sylvia borin</i>                      | 17.2                      | 11.1     | 10.6      | 52.2                | 22.9     | 13.6      |
| Большая синица <i>Parus major</i>                       | 16.1                      | 4.1      | 4.0       | 5.5                 | 2.3      | 0         |
| Пеночка-весничка <i>Phylloscopus trochilus</i>          | 13.5                      | 20.8     | 34.5      | 41.8                | 19.8     | 24.1      |
| Лесная завирушка <i>Prunella modularis</i>              | 13.1                      | 29.1     | 16.5      | 3.9                 | 15.7     | 7.2       |
| Садовая камышовка <i>Acrocephalus dumetorum</i>         | 13.0                      | 5.7      | 2.8       | 27.3                | 0        | 14.8      |
| Черноголовая славка <i>Sylvia atricapilla</i>           | 8.8                       | 9.8      | 4.1       | 16.4                | 18.9     | 0         |
| Речной сверчок <i>Locustella fluviatilis</i>            | 7.9                       | 0.6      | 0         | 3.1                 | 0        | 0         |
| Серая славка <i>Sylvia communis</i>                     | 7.2                       | 6.4      | 10.6      | 0.7                 | 0        | 31.3      |
| Рябчик <i>Tetrastes bonasia</i>                         | 6.4                       | 7.5      | 3.0       | 0.5                 | 1.8      | 0         |
| Пестрый дятел <i>Dendrocopos major</i>                  | 6.2                       | 2.8      | 1.4       | 10.8                | 1.4      | 0.5       |
| Пестрый дрозд <i>Zoothera dauma</i>                     | 4.2                       | 2.2      | 0         | 0.8                 | 0        | 0         |
| Черноголовый щегол <i>Carduelis carduelis</i>           | 3.1                       | 0        | 3.1       | 1.7                 | 0        | 0         |
| Черныш <i>Tringa ochropus</i>                           | 2.7                       | 0.1      | 0.3       | 0.9                 | 0        | 0         |
| Вьюрок <i>Fringilla montifringilla</i>                  | 2.2                       | 12.1     | 6.7       | 28.4                | 3.4      | 8.7       |
| Малая мухоловка <i>Ficedula parva</i>                   | 1.9                       | 5.1      | 0         | 3.1                 | 2.0      | 0         |
| Обыкновенная горлица <i>Streptopelia turtur</i>         | 1.6                       | 0.1      | 1.2       | 0                   | 0        | 0         |
| Длиннохвостая синица <i>Aegithalos caudatus</i>         | 1.5                       | 0        | 0         | 1.9                 | 0        | 0         |
| Рябинник <i>Turdus pilaris</i>                          | 1.5                       | 0.3      | 1.0       | 25.1                | 0        | 0         |
| Желна <i>Dryocopus martius</i>                          | 1.4                       | 0.8      | 0.2       | 0.3                 | 0        | 0         |
| Черный дрозд <i>Turdus merula</i>                       | 1.3                       | 0.5      | 0         | 2.3                 | 0        | 0         |
| Глухая кукушка <i>Cuculus saturatus</i>                 | 1.3                       | 0.9      | 0.4       | 0.2                 | 0.6      | 0.2       |
| Обыкновенная овсянка <i>Emberiza citrinella</i>         | 1.3                       | 2.2      | 28.9      | 0                   | 0        | 51.8      |
| Сойка <i>Garrulus glandarius</i>                        | 1.2                       | 2.2      | 0         | 0                   | 7.2      | 0         |
| Серая ворона <i>Corvus cornix</i>                       | 0.9                       | 3.1      | 3.9       | 0.4                 | 0        | 1.5       |

Таблица 2. Окончание

| Вид   | Темнохвойный лес          |                     |                      | Мелколиственный лес |                     |                     |
|---|---------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | Зона токсической нагрузки |                     |                      |                     |                     |                     |
|   | фоновая                   | буферная            | импактная            | фоновая             | буферная            | импактная           |
| Обыкновенный канюк <i>Buteo buteo</i>           | 0.8                       | 0.8                 | 0.05                 | 0.3                 | 0.9                 | 0                   |
| Обыкновенный поползень <i>Sitta europaea</i>    | 0.6                       | 0.8                 | 0.7                  | 2.6                 | 0                   | 0                   |
| Ворон <i>Corvus corax</i>                       | 0.5                       | 0.4                 | 1.3                  | 0                   | 0.6                 | 1.4                 |
| Вяхирь <i>Columba palumbus</i>                  | 0.4                       | 4.6                 | 0                    | 0                   | 2.6                 | 0                   |
| Вальдшнеп <i>Scolopax rusticola</i>             | 0.3                       | 2.8                 | 0                    | 0.3                 | 0.0                 | 0                   |
| Зеленая пересмешка <i>Hippolais icterina</i>    | 0                         | 0.4                 | 0                    | 28.2                | 1.5                 | 0                   |
| Пеночка-трещотка <i>Phylloscopus sibilatrix</i> | 0                         | 0                   | 0                    | 12.9                | 0                   | 0                   |
| Серая мухоловка <i>Muscicapa striata</i>        | 0                         | 0                   | 5.0                  | 2.9                 | 0                   | 1.4                 |
| Деряба <i>Turdus viscivorus</i>                 | 0                         | 0.8                 | 1.0                  | 2.5                 | 2.1                 | 0.3                 |
| Горная трясогузка <i>Motacilla cinerea</i>      | 0                         | 0                   | 1.8                  | 2.1                 | 0                   | 0.8                 |
| Овсянка-ремез <i>Emberiza rustica</i>           | 0                         | 2.1                 | 0                    | 0.8                 | 0                   | 0                   |
| Сорока <i>Pica pica</i>                         | 0                         | 1.4                 | 3.2                  | 0.7                 | 0                   | 7.0                 |
| Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i>          | 0                         | 0                   | 4.8                  | 0                   | 0                   | 26.9                |
| Обыкновенная каменка <i>Oenanthe oenanthe</i>   | 0                         | 0                   | 1.1                  | 0                   | 0                   | 0                   |
| Соловей-красношейка <i>Luscinia calliope</i>    | 0                         | 0                   | 0                    | 0                   | 0                   | 9.7                 |
| Желтая трясогузка <i>Motacilla flava</i>        | 0                         | 0                   | 0                    | 0                   | 0                   | 2.3                 |
| Обыкновенный жулан <i>Lanius collurio</i>       | 0                         | 0                   | 0                    | 0                   | 0                   | 2.1                 |
| Общая плотность, особей/км <sup>2</sup>         | 999.3 ±<br>± 28.9         | 814.1 ±<br>± 32.6** | 617.6 ±<br>± 34.3*** | 953.4 ±<br>± 53.2   | 690.5 ±<br>± 13.5** | 510.3 ±<br>± 23.6** |
| Общее за все годы количество видов в учетах     | 49                        | 51                  | 45                   | 51                  | 34                  | 39                  |
| Среднее за год количество видов в учетах        | 35.5 ±<br>± 1.3           | 32.2 ±<br>± 1.7     | 27.2 ±<br>± 1.2**    | 38.0 ±<br>± 0.6     | 22.7 ±<br>± 1.8**   | 27.0 ±<br>± 4.5     |
| Биомасса, кг/км <sup>2</sup>                    | 25.8 ±<br>± 2.7           | 23.7 ±<br>± 3.2     | 16.1 ±<br>± 1.0**    | 23.5 ±<br>± 2.1     | 17.1 ±<br>± 2.0     | 13.5 ±<br>± 1.0*    |

\* Отличия от фонового показателя достоверны при  $p < 0.05$ .

\*\*  $p < 0.01$ .

\*\*\*  $p < 0.001$ .

между фоновой и импактной зонами составляют соответственно 1.1–1.3 раза в хвойном биотопе и 1.3–1.4 раза – в лиственном. В целом в районе исследования в гнездовой период отмечено 79 видов (исключая птиц полей и водоемов). При этом на фоновой территории зарегистрировано 74 вида, в буферной зоне – 67, в импактной – 59.

Зависимость общей плотности населения птиц от расстояния до завода сходна в обоих типах леса (рис. 1). Общая плотность сокращается с увеличением токсической нагрузки, составляя в буферной зоне в хвойном лесу в среднем 81.5% от контроля, в лиственном лесу – 72.4%, в импактной зоне – 61.8% и 53.5% соответственно. Биомасса населения птиц изменяется в градиенте загрязнения сходным образом (см. табл. 2). Этот

показатель в импактной зоне достоверно ниже, чем в контроле.

Реакции разных видов на техногенное воздействие неодинаковы. На сильно загрязненной территории исчезают или резко снижают свое обилие (в 10 раз и более по сравнению с контролем) обыкновенный канюк, вальдшнеп, черныш, сойка, речной сверчок, зеленая пересмешка, желтоголовый королек, мухоловки малая и пеструшка (в лиственном лесу), дрозды белобровик, певчий, черный и пестрый, а также овсянка-ремез (см. табл. 2). Более чем в два раза сокращается на импактной территории обилие зеленой пеночки, москочки, пятнистого конька, садовой и черноголовой славки, обыкновенного снегиря, большой синицы, садовой камышовки, рябчика, пестрого дятла, желны

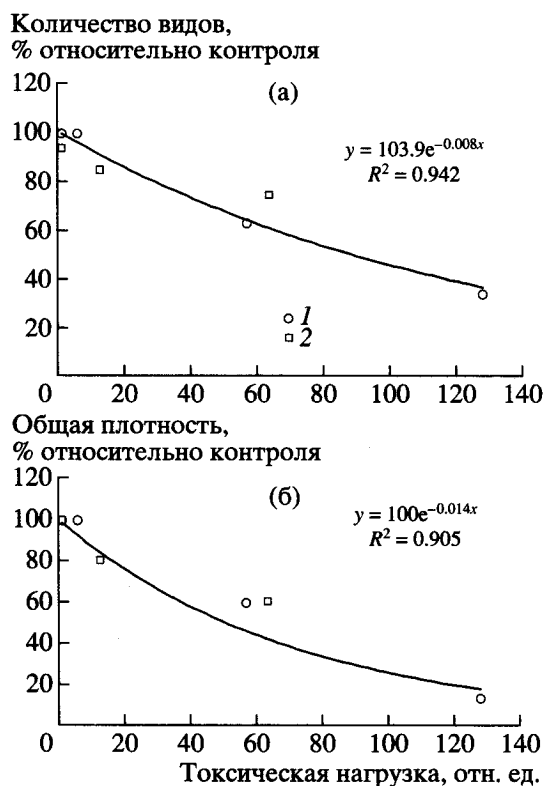


Рис. 2. Зависимость количества видов (а) и общей плотности населения (б) птиц от уровня загрязнения экосистем бореальных лесов. Объединенные данные по Кольскому полуострову (1) и Среднему Уралу (2).

и некоторых других. Увеличивают свое обилие на загрязненной территории лесной конек, серая ворона, сорока, славки серая и завирушка, обыкновенная горихвостка, обыкновенная овсянка. Некоторые виды учтены только в импактной зоне: белая и желтая трясогузки, северная бормотушка (*Hippolais caligata*), обыкновенная каменка, нехарактерные для ненарушенных лесных местообитаний.

## ОБСУЖДЕНИЕ

С целью выявить общие закономерности трансформации структуры сообществ птиц в условиях химического загрязнения среды мы сравнили собственные результаты с данными по другим районам зоны бореальных лесов Европы. Для сравнения выбраны территории со сходным типом загрязнения (комплексное воздействие сернистого газа и тяжелых металлов): 1) горные темнохвойные леса Центральной Европы (Flousek, 1989; Lemberk, 1989; Štastny, Bejček, 1983); 2) окрестности комбината "Североникель", Кольский полуостров, подзона северной тайги (Гилязов, Катаев, 1990; Gilyazov, 1993). Имеющиеся данные по содержанию металлов в

лесной подстилке в окрестностях комбината "Североникель" ("Влияние промышленного атмосферного загрязнения...", 1990) позволяют сопоставить уровни токсической нагрузки на Кольском полуострове и в нашем районе исследований. Величину токсической нагрузки определяли в относительных единицах как превышение над фоновыми уровнями концентраций приоритетных загрязнителей в лесной подстилке, усредненное в каждой зоне загрязнения по двум металлам. В условиях Кольского полуострова это медь и никель, на Среднем Урале – медь и свинец.

Основные закономерности техногенной динамики населения птиц совпадают во всех изученных регионах. При максимальном воздействии уменьшается общее количество видов птиц (в южной тайге и в горных лесах Центральной Европы – в 1.3 раза, в северной тайге – в 2.9 раза) по сравнению с региональным фоном. Зависимость количества видов птиц бореальных хвойных лесов от величины токсической нагрузки представлена на рис. 2а. Плотность гнездового населения птиц с увеличением токсической нагрузки уменьшается (рис. 2б): в южной тайге и в горных лесах Центральной Европы в 1.6–1.7 раза (Flousek, 1989). Как и в случае с общим количеством видов, наиболее резкое снижение отмечено в северной тайге – в 7.7 раза (Гилязов, Катаев, 1990; Gilyazov, 1993).

В северной тайге Кольского полуострова токсические эффекты воздействия техногенных выбросов проявляются сильнее, чем в других районах. Это может быть обусловлено двумя обстоятельствами. Во-первых, здесь регистрируется более высокая токсическая нагрузка (127 отн. ед. вблизи комбината "Североникель" при 63 отн. ед. вблизи СУМЗ). Во-вторых, общеизвестна большая уязвимость к антропогенной нагрузке северных экосистем, находящихся в экстремальных климатических условиях. Так, в ближайших окрестностях комбината "Североникель" сформировалась техногенная пустыня, на территории которой коренные сосновые леса полностью разрушены ("Влияние промышленного атмосферного загрязнения...", 1990; Гилязов, Катаев, 1990).

Изменение фитоценологических условий в градиенте загрязнения во многом определяет параметры населения птиц. При умеренном техногенном воздействии на коренные таежные леса в результате усыхания отдельных деревьев и их выпадения образуются "бреши" в сплошном древостое. Увеличивается мозаичность местообитаний и создаются условия для проникновения в сообщество видов открытых биотопов (овсянки, трясогузковые и др.). В этих условиях видовое разнообразие птиц может повышаться (см. табл. 2 –

увеличение по сравнению с контролем общего количества видов в темнохвойном лесу буферной зоны). При высоком уровне загрязнения отмирание деревьев приобретает массовый характер. Разреживание древостоя приводит к снижению роли типично лесных видов в сообществе. Доля последних в населении птиц южной тайги уменьшается в темнохвойном лесу с 71.1% (от общей плотности) в контроле до 54.7% вблизи завода, в мелколиственном лесу соответственно с 66.4% до 33.2%. В северной тайге доля таежных видов сокращается с 66.7% (от общего количества видов) в контроле до 37.5% вблизи источника выбросов (Гилязов, Катаев, 1990; Gilyazov, 1993).

К числу фоновых типично лесных видов, значительно снижающих свое обилие на импактных территориях, в горах Центральной Европы принадлежат королюкки, дрозды, москковка, крапивник, зяблик (Flousek, 1989; Štátný, Vejček, 1983), в южной тайге – дрозды (белобровик, певчий, рябинник), мухоловка-пеструшка, снегирь, чиж, пятнистый конек, в северной тайге – белобровик, певчий дрозд, горихвостка, мухоловка-пеструшка, сероголовая гаичка (Гилязов, Катаев, 1990; Gilyazov, 1993). Общая закономерность для всех подзон тайги – снижение плотности или полное исчезновение с ростом нагрузки крупных лесных видов: тетеревиных, сов, ряда дневных хищников, голубей.

Среди причин снижения обилия указанных видов следует назвать отсутствие мест для устройства гнезд (дуплогнездники), увеличение фактора беспокойства вблизи источника выбросов, обычно расположенного в черте населенного пункта (тетеревиные), оскудение кормовой базы для специализированных видов. Сокращение плотности сов и дневных хищников связано с уменьшением обилия мышевидных грызунов в градиенте техногенной нагрузки (Гилязов, Катаев, 1990; Лукьянова и др., 1994). Параллельно снижению обилия почвенной мезофауны (Воробейчик и др., 1994) уменьшается обилие дроздов, в рационе которых значительную часть составляют дождевые черви. Падение плотности населения чижа, буроголовой гаички, москковки, в корме которых важную роль играют семена хвойных, вероятно, связано с уменьшением семеношения этих пород с ростом загрязнения. В то же время в северной тайге другой стенофаг – чечетка – поддерживает достаточно высокое обилие на нарушенных территориях благодаря сохранению плодоношения кормового растения – березы (Гилязов, Катаев, 1990).

Мало зависит от загрязнения обилие экологически пластичных видов, многие из которых гнездятся на кустарниках, подросте, земле (лесная завирушка, зарянка, чечевица, в южной тайге также пеночки теньковка и весничка). Из видов,

связанных с древесным ярусом, рост техногенной нагрузки благоприятствует лишь синантропным врановым.

Увеличение открытости местообитаний способствует увеличению обилия видов, строящих гнезда на земле либо в полостях грунта. Так, в северной тайге доля видов открытых местообитаний (лесотундры и тундры) возрастает с 18% в контроле до 50% в техногенной пустыне (Гилязов, Катаев, 1990). С приближением к источнику выбросов увеличивается плотность в южной тайге белой трясогузки и лесного конька, обыкновенной горихвостки, овсянки обыкновенной; в горах Центральной Европы – лесного, лугового *Anthus pratensis* и горного коньков *A. spinoletta*, лугового чекана *Saxicola rubetra*, горихвостки-чернушки *Phoenicurus ochruros*, белозобого дрозда *Turdus torquatus* (Flousek, 1989), в северной тайге – лугового конька, обыкновенной каменки, овсянки-крошки *Emberiza pusilla* (Гилязов, Катаев, 1990; Gilyazov, 1993). Увеличение обилия этих видов на нарушенных территориях тем не менее не компенсирует выпадение типично лесных. В результате общая плотность населения птиц в зонах загрязнения падает.

В градиенте техногенной нагрузки происходит изменения структуры сообщества, т.е. видового состава и соотношения обилия видов. В темнохвойном лесу южной тайги (см. табл. 2) и в горах Центральной Европы на всех стадиях деградации фитоценоза зяблик сохраняет первое место в списке доминантов (виды, доля которых в сообществе составляет не менее 5%). Состав других доминантов более показателен. В незагрязненных районах южной тайги Урала в эту группу входят типично лесные виды: зеленая пеночка (10.3% от общей плотности), зарянка (9.6%) и желтоголовый королек (5.2%). В импактной же зоне в составе доминантов в большей степени представлены виды, связанные с открытыми и кустарниковыми биотопами: лесной конек (7.4%) и пеночка-весничка (5.6%). Несколько снижается здесь доля в населении птиц зеленой пеночки (8.1%) и зарянки (8.4%). К лесным видам, доля которых в сообществе птиц на загрязненной территории увеличивается, принадлежит обыкновенная горихвостка (8.7% при 3.5% в контроле). Этот вид повсеместно предпочитает осветленные участки леса с угнетенным травяно-кустарничковым ярусом (Бурский, 1987; Симкин, 1990; Преображенская, 1998).

В мелколиственном лесу Среднего Урала в градиенте токсической нагрузки также наблюдается смена доминантов – в импактной зоне зяблика сменяет лесной конек. В группе других доминантов мухоловка-пеструшка, зеленая пеночка, белобровик и садовая славка замещаются обыкновенной овсянкой, серой славкой, обык-

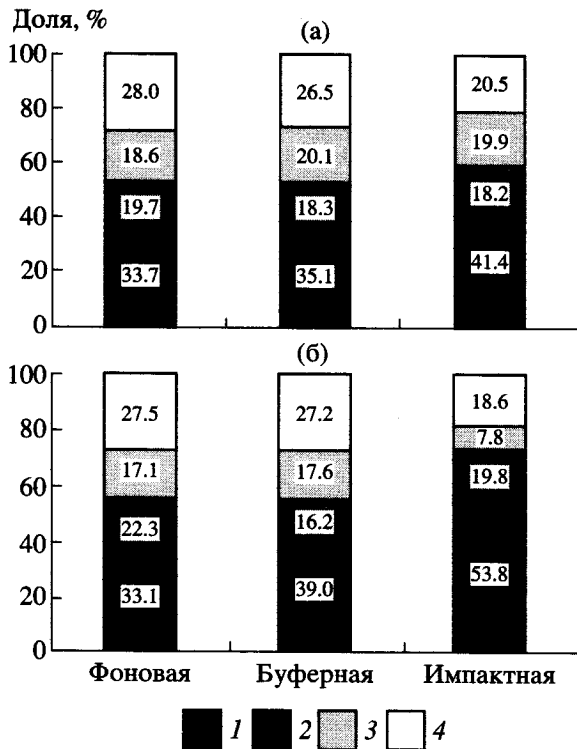


Рис. 3. Распределение птиц по ярусам гнездования (% от общей плотности) в разных зонах токсической нагрузки в темнохвойном (а) и мелколиственном (б) типах леса.

1 – земля, 2 – нижний ярус, 3 – дупла, 4 – верхний ярус.

новенной горихвосткой и белой трясогузкой, доля зарянки снижается. В темнохвойных лесах гор Центральной Европы доминантов слабонарушенных лесных массивов – славку-черноголовку и желтоголового короля – в сильно загрязненных местообитаниях сменяют зарянка, лесной конек и лесная завирушка (Flousek, 1989). В северной тайге доминанта вьюрка в импактной зоне сменяют чечетка и луговой конек, в группу доминантов входит обыкновенная каменка (Gilyazov, 1993).

Трансформация структуры сообщества птиц проявляется и в изменении распределения населения птиц по ярусам гнездования. С увеличением токсической нагрузки сокращается доля видов, устраивающих гнезда в верхнем ярусе древостоя и в дуплах. Напротив, доля гнездящихся на земле видов возрастает (рис. 3). Это связано, несомненно, с деградацией древесного яруса и сокращением мест, пригодных для гнездования дендрофильных видов.

На техногенно нарушенных территориях увеличивается и межгодовая изменчивость населения птиц. Доля видов, попадавших в учеты каждый год, в темнохвойном лесу на фоновой территории составила  $53.1 \pm 7.3\%$ , на буферной –  $33.3 \pm 6.6\%$ , на импактной –  $26.7 \pm 6.6\%$  ( $p <$

$< 0.05$ ). Это свидетельствует о возрастании неустойчивости сообщества птиц с увеличением токсической нагрузки.

Таким образом, техногенное загрязнение приводит к сокращению видового богатства, изменению структуры сообщества птиц, уменьшению общей плотности, биомассы и снижению стабильности гнездового населения птиц. Промышленные выпадения оказывают на население птиц главным образом опосредованное воздействие – через изменение фитоценозов, их защитных свойств и кормовой базы. С усилением загрязнения значительно снижается плотность типично лесных видов (тетеревиных, сов, ряда дневных хищников, голубей, большинства дроздов, ряда синиц, вьюрковых и других). В то же время возрастает обилие видов открытых и кустарниковых биотопов (большинства трясогузковых, обыкновенной каменки, овсянок, некоторых славков и пеночек), а также горихвосток. При высокой токсической нагрузке изменяется распределение населения птиц по ярусам гнездования: сокращается доля видов, гнездящихся в верхнем ярусе древостоя и в дуплах.

Настоящая работа поддержана грантом РФФИ № 99-05-64587.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бурский О.В. Гнездовое размещение птиц в Енисейской тайге как отражение биологических особенностей видов // Фауна и экология млекопитающих и птиц Средней Сибири. М., 1987. С. 108–142.
- Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. Л.: БИН АН СССР, 1990. 195 с.
- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- Гилязов А.С., Катаев Г.Д. Опыт зооиндикации промышленных загрязнений в условиях Кольского Севера // Антропогенные воздействия на природу заповедников. М., 1990. С. 5–25.
- Захаров В.Д. Биоразнообразие населения птиц наземных местообитаний Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1998. 158 с.
- Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А., Пястолова О.А. Трансформация сообществ мелких млекопитающих под воздействием техногенных факторов // Экология. 1994. № 3. С. 69–76.
- Наумов Р.Л. Методика абсолютного учета птиц в гнездовой период на маршрутах // Зоол. журн. 1965. Т. 44. Вып. 1. С. 81–94.
- Преображенская Е.С. Экология воробьиных птиц Приветлужья. М.: КМК Scientific Press Ltd., 1998. 200 с.
- Равкин Ю.С. Пространственная организация населения птиц лесной зоны (Западная и Средняя Сибирь). Новосибирск: Наука, 1984. 264 с.
- Симкин Г.Н. Певчие птицы: Справочное пособие. М.: Лесная пром-сть, 1990. 399 с.

*Степанян Л.С.* Состав и распределение птиц фауны СССР. Неворобьиные Non-Passeriformes. М.: Наука, 1975. 372 с.

*Степанян Л.С.* Состав и распределение птиц фауны СССР. Воробьинообразные Passeriformes. М.: Наука, 1978. 392 с.

*Щеголев В.И.* Количественный учет птиц в лесной зоне // Методики исследования продуктивности и структуры видов птиц в пределах их ареалов. Вильнюс: Мокслас, 1977. Ч. 1. С. 95–102.

*Flousek J.* Impact of industrial emissions on bird populations breeding in mountain spruce forests in Central Europe // Ann. Zool. Fennici. 1989. V. 26. № 3. P. 255–263.

*Gilyazov A.S.* Air pollution impact on the bird communities of the Lapland biosphere reserve // Aerial pollution in Kola peninsula: Proceedings of the International Workshop, April 14–16, 1992. Apatity, 1993. P. 383–390.

*Koskimies P.* Birds as a tool in environmental monitoring // Ann. Zool. Fennici. 1989. V. 26. P. 153–166.

*Lemberk V.* Srovnávaní ornitocenoz smrkových lesov Krkonoš podle stupně poškození imisemi // Opera corcontica. 1989. № 26. P. 131–143.

*Štastný K., Bejček V.* Bird communities of spruce forests affected by industrial emissions in the Krušné hory (Ore Mountains) // Bird census work and atlas studies. Taylor K., Fuller R.J., Lack P.C. BTO Tring, 1983. P. 243–253.