

## Население птиц березовых лесов Южного Урала в условиях промышленного загрязнения. Сообщение 1. Реакции видов и сообщества

Е. А. БЕЛЬСКИЙ, Е. А. БЕЛЬСКАЯ

*Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8-го Марта, 202  
E-mail: belskii@ipae.uran.ru*

### АННОТАЦИЯ

Изменение летнего населения птиц березовых лесов в градиенте загрязнения выбросами Карабашского медеплавильного завода (Челябинская обл.) исследовали в 2009 г. методом точечных учетов. С увеличением загрязнения уменьшаются общая плотность, видовое богатство и разнообразие населения птиц, в сообществе снижается доля дуплогнездников и увеличивается – видов, гнездящихся на земле и в верхнем ярусе леса. Изменения большинства показателей населения птиц ограничены локальной территорией (6–8 км от завода).

**Ключевые слова:** население птиц, промышленное загрязнение, Южный Урал.

Характеристики населения птиц дают важную информацию о состоянии местообитаний и действующих экологических факторах [1]. Не случайно птицы давно используются в биоиндикации и мониторинге состояния окружающей среды [2–4]. Но реакции птиц на промышленное загрязнение на уровне сообщества изучены значительно хуже их биохимических и организменных показателей. Показано, например, что из всех спектров промышленных загрязнителей особенно сильное воздействие на биоту оказывают выбросы предприятий цветной металлургии, содержащие целый комплекс экотоксикантов: тяжелые металлы, SO<sub>2</sub>, соединения фтора и др. [5]. Наиболее выражены изменения населения птиц в лесных экосистемах, в которых загрязнение среды сопровождается деградацией древесной растительности и упрощением структуры фитоценоза. Большинство экотоксикологических исследований на птицах выполнено в промышленных районах Евро-

пы: в Германии, Польше, Чехии, Словакии, Финляндии, а в России – на Кольском полуострове [6–9]. Освоение Урала, связанное прежде всего с развитием металлургической промышленности, имеет трехсотлетнюю историю. Здесь сосредоточено большое количество заводов, в окрестностях которых природные комплексы подверглись сильной деградации. Несмотря на широкое распространение техногенных ландшафтов на Урале, население птиц в них изучено слабо. Большинство орнитологических исследований в этом регионе проведено в заповедниках [10, 11], а также на территориях, используемых для сельского [12] и лесного хозяйства и рекреации [11]. На региональном уровне изучена временная динамика орнитофауны Предуралья и Южного Урала (Башкортостан), связанная с комплексным хозяйственным освоением этой территории [13]. На уровне физико-географической страны проанализирована пространственная организация летнего

населения птиц Урала [14]. Работы, посвященные изменениям населения птиц на локальном уровне, в окрестностях точечных источников промышленного загрязнения, в Уральском регионе единичны [15]. На Южном Урале такие исследования не проводились.

Задача работы – характеристика изменений населения птиц березовых лесов Южного Урала под действием промышленного загрязнения с попыткой оценить вклад разных факторов в реакции сообщества птиц и их конкретных видов.

#### РАЙОН РАБОТ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Карабашский медеплавильный завод (ныне ЗАО “Карабашмедь”) в Челябинской области – точечный источник интенсивного техногенного загрязнения, действующий с 1910 г. Основные загрязнители типичны для предприятий цветной металлургии с плавкой руды – это  $SO_2$ , пыль и тяжелые металлы. Количество выбросов в атмосферу в 1970–1980 гг. составляло 140–360 тыс. т в год [16], в 2008 г. – 9622 т [17]. Деградация окружающей среды вблизи предприятия достигла столь высокого уровня, что ставился вопрос о его закрытии. В ближайших (до 4 км) окрестностях завода образовалась техногенная пустошь: практически полностью отсутствует растительность, почва смыта со склонов холмов вблизи предприятия.

Объектами экотоксикологических исследований в этом районе служили почва [16], почвенные водоросли, сосудистые растения [16, 18–20], лишайники [21], почвенные беспозвоночные [22], насекомые-фитофаги [16], мелкие млекопитающие [23, 24]. Орнитологические работы, насколько нам известно, здесь не проводились.

Город Карабаш расположен в долине, вытянутой в меридиональном направлении вдоль Ильменского хребта. Высоты возвышенностей составляют 250–600 м над уровнем моря. Почвы (бурые горно-лесные и лесные, серые и черноземы горно-лесные, горно-подзолистые) щебнистые и маломощные. Климат континентальный, умеренно холодный. Среднемесячная температура января  $-16...-17$  °С, июля  $+18$  °С. Продолжительность вегетационного периода 160–170 дней. Годовое количество

осадков 430 мм. Высота снежного покрова достигает 40 см [25]. Согласно геоботаническому районированию, эта территория принадлежит к подзоне сосново-березовых лесов южной тайги [26]. Основные типы леса – сосняки разнотравные и вторичные березняки злаково-разнотравные. Мы проводили исследования в березовых лесах (в составе древостоя преобладает *Betula pendula* Roth, присутствуют также *B. pubescens* Ehrh., *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L., *Tilia cordata* Mill., *Larix sibirica* Ledeb.).

На основании результатов предыдущих исследований [16, 19, 21] выделены четыре зоны токсического воздействия. Пробные участки (всего 10) выбраны нами в следующих зонах: 1) фоновая: березняк разнотравный 90–100 лет; 3 участка – на юг 26 км (Ильменский заповедник) и 27 км, на северо-восток 32 км; 2) буферная: березняк разнотравный 90–100 лет; 4 участка – на юг 9 и 12 км, на северо-восток 11 и 18 км; 3) импактная: березняк мертвопокровный 60–70 лет; 2 участка – 3 км на юг и 5 км на северо-восток от завода; 4) техногенная пустошь (западный склон г. Золотая): один участок в 1 км к востоку от завода, деревья единичны, сохранились лишь в оврагах, травяной покров в виде отдельных пятен, большая часть поверхности голая; почва смыта, в результате эрозии возникла разветвленная сеть оврагов глубиной до 3 м. Расположение пробных участков показано на рис. 1.

Учеты гнездового населения птиц проведены с 20 мая по 12 июня 2009 г. Применяли точечный метод учета птиц по голосам [27, 28]. На каждом пробном участке заложены 4 постоянные учетные точки, координаты которых зафиксированы при помощи GPS-навигатора. Расстояние между точками составляло в среднем ( $\pm$  ошибка)  $(296 \pm 15)$  м ( $n = 34$ ), что исключало возможность двойного учета одной птицы. Это позволило нам рассматривать каждую точку как независимую повторность.

Учеты на каждом участке проведены 4 раза за сезон, примерно с недельным интервалом, одним учетчиком. За одно утро проводили учеты на трех-четырёх участках. Порядок посещения участков меняли с тем, чтобы можно было отличить пространствен-

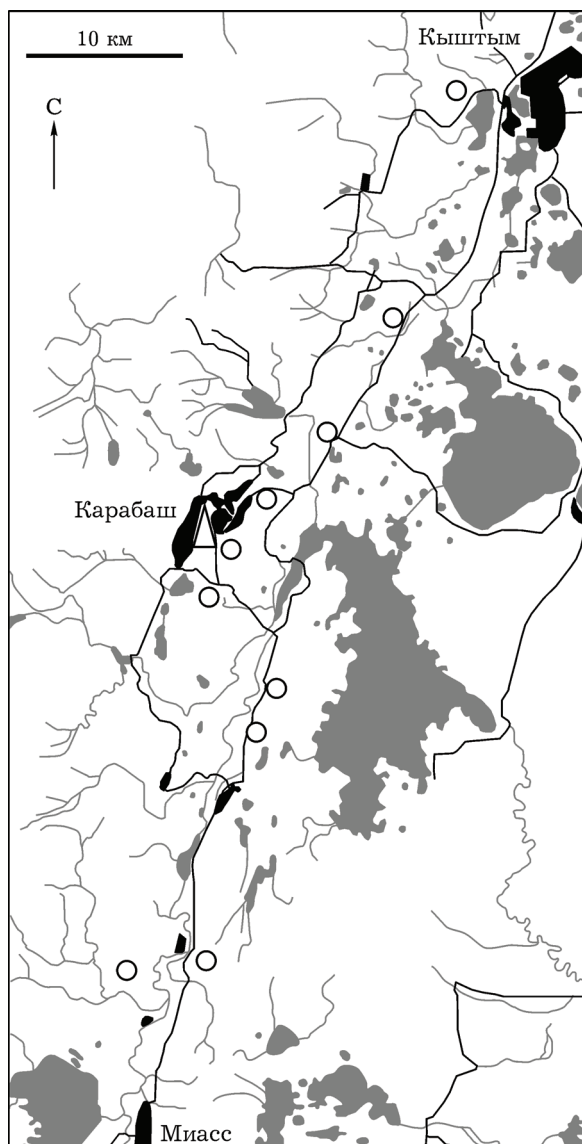


Рис. 1. Карта-схема района исследований в окрестностях Карабашского медеплавильного завода (треугольник) с указанием пробных участков (кружки)

ную изменчивость регистрируемых показателей от временной. Учеты выполняли с 5 до 9 ч местного летнего времени, в сухую погоду при ветре не более 3 баллов по шкале Бофорта и температуре воздуха не ниже +6 °С. Продолжительность учета на одной точке 5 мин. При учете регистрировали всех птиц, отмеченных как по голосу, так и визуально. При расчете принимали допущение, что поющий самец, самка и самец вместе, одна самка, жилое гнездо или выводок = 1 пара. Общее количество точечных учетов 160.

Плотность населения птиц рассчитывали по формуле [27]

$$D = 3 \cdot N \cdot c^2 / \pi,$$

где  $D$  – плотность населения птиц, пар/км<sup>2</sup>;  $N$  – количество учтенных пар. Поскольку песенная активность птиц никогда не достигает 100 %, использовали количество пар, равное максимальному значению из четырех учетов;  $c$  – видоспецифичный коэффициент (в статье [28] табл. 1, столбец “Е”);  $\pi = 3,14$ .

Общая плотность населения птиц получена сложением плотностей всех отмеченных видов. Но для сравнения видового обилия в разных зонах загрязнения использовали только те виды, у которых отмечено не менее 10 пар в сумме во всех учетах. При анализе распределения птиц по ярусам гнездования использована классификация В. Д. Захарова [11]. Названия видов приведены по Л. С. Степаняну [29, 30].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общая плотность населения птиц березового леса значительно уменьшается с ростом загрязнения (см. табл. 1), зависимость можно выразить логарифмическим уравнением (рис. 2). Этот показатель в буферной зоне был на уровне фонового, в лесу импактной зоны меньше фонового в 3,2, на пустоши – в 7,4 раза. Видовое разнообразие уменьшается с ростом загрязнения. Индекс разнообразия Шеннона в импактной зоне и на пустоши значительно меньше фонового. Общее количество учтенных видов упало в градиенте загрязнения на порядок (см. табл. 1). Среднее количество видов в учетах уменьшалось с ростом загрязнения, но значимые отличия от фонового показателя отмечены в импактной зоне и на пустоши (меньше в 2,8 и 9,4 раза соответственно). Таким образом, при попарном сравнении интегральных показателей населения птиц разных зон (тест Манна – Уитни) оказывается, что значительно отличаются от контроля только импактная зона и пустошь.

Реакции разных видов на техногенное воздействие неодинаковы. Рассмотрим только изменения в ряду фоновая – буферная – импактная зоны, т. е. участки с сохранившейся

Т а б л и ц а 1  
Плотность населения птиц березовых лесов (среднее ± ошибка) в разных зонах загрязнения выбросами Карабашского металлургического завода, пар/км<sup>2</sup>

Вид, показатель	Зона загрязнения					Н*	Р	Ярус гнездования**	Тип питания***
	фоновая	буферная	импактная	техногенная пустошь					
<i>Fringilla coelebs</i> L.	98,2 ± 5,5 <sup>a</sup>	91,4 ± 3,7 <sup>a</sup>	63,5 ± 4,6 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	22,6	<0,001	В	Н	
<i>Parus montanus</i> Bald.	67,2 ± 16,5 <sup>a</sup>	21,0 ± 8,0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	15,3	0,002	Д	Н	
<i>Phylloscopus trochiloides</i> Sund.	54,8 ± 13,7 <sup>a</sup>	52,3 ± 9,3 <sup>a</sup>	22,4 ± 10,9 <sup>ab</sup>	0 <sup>b</sup>	8,7	0,034	З	Н	
<i>Ficedula hypoleuca</i> Pall.	32,2 ± 5,7 <sup>a</sup>	42,7 ± 6,1 <sup>a</sup>	3,7 ± 3,7 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	20,5	<0,001	Д	Н	
<i>Erethacus rubecula</i> L.	26,0 ± 6,2 <sup>a</sup>	4,3 ± 3,0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	16,2	0,001	Д	Н	
<i>Anthus trivialis</i> L.	25,6 ± 3,5 <sup>a</sup>	34,6 ± 2,6 <sup>a</sup>	5,8 ± 2,8 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	24,6	<0,001	З	Н	
<i>Parus ater</i> L.	22,4 ± 8,0	6,7 ± 4,6	0	0	—	—	Д	Н	
<i>Parus major</i> L.	20,1 ± 5,1 <sup>a</sup>	21,6 ± 7,0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>ab</sup>	8,9	0,031	Д	Н	
<i>Certhia familiaris</i> L.	17,5 ± 9,1	4,4 ± 4,4	0	0	—	—	Д	Н	
<i>Muscicapa striata</i> Pall.	15,0 ± 10,1 <sup>a</sup>	61,9 ± 10,8 <sup>b</sup>	22,5 ± 14,7 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	11,5	0,009	Н	Н	
<i>Sylvia atricapilla</i> L.	10,3 ± 3,4 <sup>ab</sup>	13,3 ± 2,6 <sup>a</sup>	2,2 ± 2,2 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	9,9	0,020	Н	Н	
<i>Sitta europaea</i> L.	10,2 ± 6,9	3,8 ± 3,8	0	0	—	—	Д	Н	
<i>Turdus philomelos</i> Brehm	10,1 ± 1,4 <sup>a</sup>	6,0 ± 1,9 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>ab</sup>	15,6	0,001	Н	Н	
<i>Dendrocopos major</i> L.	9,7 ± 3,5 <sup>a</sup>	13,1 ± 3,0 <sup>a</sup>	2,9 ± 2,9 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	6,9	0,077	Д	Н	
<i>Turdus iliacus</i> L.	9,6 ± 4,4	0	0	0	—	—	Н	Н	
<i>Coccothraustes coccothraustes</i> L.	8,0 ± 8,0	0	0	0	—	—	Н	З	
<i>Garrulus glandarius</i> L.	7,3 ± 4,9	0	0	0	—	—	В	В	
<i>Turdus pilaris</i> L.	7,0 ± 3,6	0	0	0	—	—	В	Н	
<i>Ficedula parva</i> Bechst.	7,0 ± 4,7	2,6 ± 2,6	0	0	—	—	Д	Н	
<i>Phylloscopus collybita</i> Vieil.	6,8 ± 1,6 <sup>a</sup>	7,3 ± 1,2 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	16,1	0,001	З	Н	
<i>Phoenicurus phoenicurus</i> L.	6,0 ± 2,3 <sup>a</sup>	5,2 ± 1,5 <sup>a</sup>	3,0 ± 2,0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	3,2	0,358	Д	Н	
<i>Locustella fluviatilis</i> Wolf	5,1 ± 5,1	0	0	0	—	—	З	Н	
<i>Emberiza citrinella</i> L.	3,7 ± 2,5 <sup>a</sup>	4,1 ± 2,2 <sup>a</sup>	16,6 ± 5,5 <sup>b</sup>	0 <sup>ab</sup>	8,4	0,038	З	З	
<i>Hippolais icterina</i> Vieil.	3,5 ± 3,5	15,8 ± 5,3	0	0	—	—	В	Н	
<i>Sylvia borin</i> Bodd.	3,3 ± 1,7 <sup>ab</sup>	8,3 ± 2,0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>ab</sup>	10,4	0,016	Н	Н	
<i>Spinus spinus</i> L.	3,0 ± 2,2	0	0	0	—	—	В	З	
<i>Buteo buteo</i> L.	2,7 ± 1,8	1,0 ± 1,0	0	0	—	—	В	Х	
<i>Turdus viscivorus</i> L.	2,5 ± 1,3	3,1 ± 1,2	1,3 ± 1,3	0	—	—	В	Н	

<i>Fringilla montifringilla</i> L.	2,4 ± 2,4	0,9 ± 0,9	0	0	—	—	В	Н
<i>Zoothera dauma</i> Lath.	1,9 ± 1,3	0	0	0	—	—	В	Н
<i>Loxia curvirostra</i> L.	1,7 ± 0,4 <sup>a</sup>	0,9 ± 0,4 <sup>a</sup>	0,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	5,5	0,140	В	З
<i>Pyrrhula pyrrhula</i> L.	1,6 ± 1,6	1,2 ± 1,2	0	0	—	—	В	З
<i>Phylloscopus sibilatrix</i> Bechst.	1,5 ± 1,5	0	0	0	—	—	З	Н
<i>Phylloscopus trochilus</i> L.	1,3 ± 1,3	3,8 ± 1,7	1,9 ± 1,9	0	—	—	З	Н
<i>Carpodacus erythrinus</i> Pall.	1,2 ± 1,2 <sup>a</sup>	8,1 ± 2,3 <sup>b</sup>	5,4 ± 2,6 <sup>ab</sup>	0 <sup>ab</sup>	7,6	0,056	Н	З
<i>Cuculus canorus</i> L.	0,5 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,5 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,4 ± 0,2 <sup>ab</sup>	0 <sup>b</sup>	7,4	0,060	—	Н
<i>Corvus cornix</i> L.	0,5 ± 0,3	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,2	0	—	—	В	В
<i>Cuculus saturatus</i> Blyth	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0	0	—	—	—	Н
<i>Oriolus oriolus</i> L.	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2	0	0	—	—	В	Н
<i>Corvus corax</i> L.	0,1 ± 0,05	0	0	0,1 ± 0,1	—	—	В	В
<i>Scolopax rusticola</i> L.	0	13,6 ± 13,6	0	0	—	—	З	Н
<i>Tetrastes bonasia</i> L.	0	13,1 ± 13,1	0	0	—	—	З	З
<i>Acrocephalus dumetorum</i> Blyth	0	6,1 ± 3,3	0	0	—	—	Н	Н
<i>Parus caeruleus</i> L.	0	3,9 ± 3,9	0	0	—	—	Д	Н
<i>Strix aluco</i> L.	0	3,8 ± 3,8	0	0	—	—	Д	Х
<i>Sylvia communis</i> Lath.	0	1,7 ± 1,7	0	0	—	—	Н	Н
<i>Turdus merula</i> L.	0	1,1 ± 1,1	0	0	—	—	Н	Н
<i>Jynx torquilla</i> L.	0	0,7 ± 0,4	0	0	—	—	Д	Н
<i>Motacilla alba</i> L.	0	0	7,0 ± 7,0	0	—	—	З	Н
<i>Pica pica</i> L.	0	0	0,6 ± 0,6	1,3 ± 1,3	—	—	В	В
<i>Oenanthe oenanthe</i> L.	0	0	0	66,9 ± 0,0	—	—	З	Н
Общая плотность, пар/км <sup>2</sup>	507,9 ± 233,4 <sup>a</sup>	484,3 ± 157,5 <sup>a</sup>	160,1 ± 53,1 <sup>b</sup>	68,3 ± 2,7 <sup>b</sup>	24,8	<0,001	—	—
Среднее количество видов в учетах	14,1 ± 4,0 <sup>a</sup>	12,8 ± 2,9 <sup>a</sup>	5,0 ± 1,5 <sup>b</sup>	1,5 ± 1,0 <sup>b</sup>	25,5	<0,001	—	—
Общее количество видов в учетах	40	39	17	3	—	—	—	—
Индекс разнообразия Шеннона	2,221 ± 0,313 <sup>a</sup>	2,174 ± 0,214 <sup>a</sup>	1,192 ± 0,307 <sup>b</sup>	0,071 ± 0,142 <sup>b</sup>	25,4	<0,001	—	—
Индекс Бергера – Паркера	0,237 ± 0,057 <sup>a</sup>	0,231 ± 0,056 <sup>a</sup>	0,473 ± 0,147 <sup>b</sup>	0,981 ± 0,037 <sup>b</sup>	25,1	<0,001	—	—

П р и м е ч а н и е. Значения в пределах строки, обозначенные разными буквами, значимо ( $p < 0,05$ ) различаются между собой (критерий Манна – Уитни). \* Н – критерий Краскела–Уоллиса ( $df = 3, n = 40$ ). “–” сравнение обилия в разных зонах загрязнения не проводили ввиду малого числа регистраций (менее 10 пар).\*\* Ярусы гнездования: в – верхний, д – дупла, н – нижний, з – земля. \*\*\* Тип питания: в – всеядный, з – зерноядный, н – насекомоядный, х – хищный.

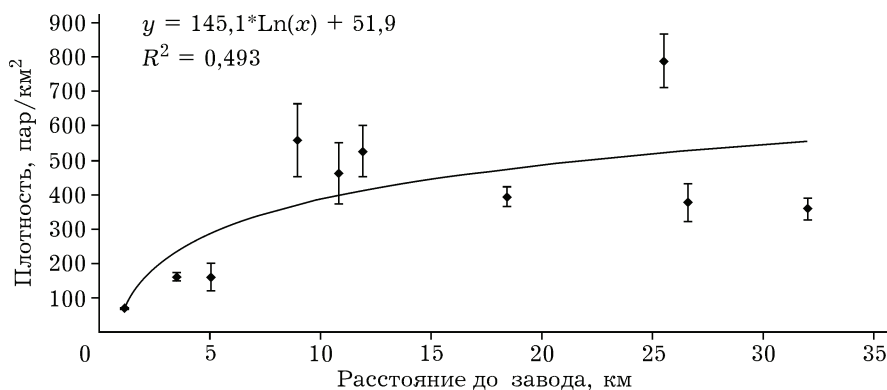


Рис. 2. Изменение общей плотности населения птиц березовых лесов (пар/км<sup>2</sup>, среднее ± ошибка) в градиенте загрязнения выбросами Карабашинского медеплавильного завода

ся древесной растительностью. Население техногенной пустоши крайне бедно, здесь гнездится только обыкновенная каменка *Oenanthe oenanthe* L., сорока *Pica pica* L. и ворон *Corvus corax* L. сюда лишь залетают.

По мере роста загрязнения значимо снижается плотность населения зяблика *Fringilla coelebs* L. (сравнение фоновой и импактной зон, тест Манна – Уитни  $U = 11,5$ ,  $p = 0,0013$ ), буроголовой гаички *Parus montanus* Bald. ( $U = 12,0$ ,  $p = 0,005$ ), мухоловки-пеструшки *Ficedula hypoleuca* Pall. ( $U = 12,5$ ,  $p = 0,006$ ), зарянки *Erithacus rubecula* L. ( $U = 16,0$ ,  $p = 0,014$ ), лесного конька *Anthus trivialis* L. ( $U = 10,0$ ,  $p = 0,003$ ), большой синицы *Parus major* L. ( $U = 20,0$ ,  $p = 0,03$ ), певчего дрозда *Turdus philomelos* Brehm ( $U = 8,0$ ,  $p = 0,002$ ) и пеночки-теньковки *Phylloscopus collybita* Vieil. ( $U = 16,0$ ,  $p = 0,014$ ). В буферной зоне отмечено наибольшее обилие серой мухоловки *Muscicapa striata* Pall. (сравнение буферной и фоновой зон,  $U = 11,5$ ,  $p = 0,0013$ ), черноголовой *Sylvia atricapilla* L. и садовой *S. borin* Bodd. славок (сравнение буферной и импактной зон, соответственно  $U = 27,5$ ,  $p = 0,025$  и  $U = 28,0$ ,  $p = 0,027$ ), чечевицы *Carpodacus erythrinus* Pall. ( $U = 55,5$ ,  $p = 0,021$ ). Увеличивает обилие в импактной зоне по сравнению с фоновой лишь обыкновенная овсянка *Emberiza citrinella* L. ( $U = 25,0$ ,  $p = 0,034$ ). Не изменяется значимо обилие зеленой пеночки *Phylloscopus trochiloides* Sund., пестрого дятла *Dendrocopos major* L., обыкновенной горихвостки *Phoenicurus phoenicurus* L., обыкновенного клеста *Loxia curvirostra* L., обыкновенной кукушки *Cuculus canorus* L. Однако у этих видов (кроме кукушки) отме-

чена тенденция снижения обилия в импактной зоне.

С увеличением загрязнения изменяется структура доминирования сообщества. Степень доминирования наиболее массового вида (индекс Бергера – Паркера) увеличивается (см. табл. 1). На фоновой территории преобладают зяблик (22,0 % от общей плотности), буроголовая гаичка (13,2 %), зеленая пеночка (8,9 %), мухоловка-пеструшка (7,8 %), зарянка (6,3 %) и лесной конек (5,4 %). В буферной зоне – зяблик (20,3 %), серая мухоловка (12,8 %), зеленая пеночка (10,5 %), мухоловка-пеструшка (9,4 %) и лесной конек (7,6 %). В импактной зоне количество доминантов сократилось до четырех: зяблик (43,1 %), зеленая пеночка (14,7 %), обыкновенная овсянка (11,6 %) и серая мухоловка (10,4 %). На техногенной пустоши гнездится единственный вид – обыкновенная каменка.

Анализ распределения птиц по предпочитаемым ярусам гнездования показал, что с увеличением загрязнения в сообществе уменьшается доля птиц, гнездящихся в дуплах, и возрастает – строящих гнезда в верхнем ярусе леса и на земле. Вместе с тем абсолютная плотность населения всех перечисленных экологических групп уменьшается в импактной зоне по сравнению с фоновой (табл. 2).

Регистрируемые нами уменьшение общей плотности, сокращение видового богатства и разнообразия населения птиц в зонах промышленного загрязнения – феномен, общий для многих импактных регионов с высокой техногенной нагрузкой. Аналогичная картина отмечена в окрестностях крупных предприятий цветной металлургии на Среднем



Распределение птиц по ярусам гнездования в разных зонах загрязнения выбросами Карабашского медеплавильного завода (среднее  $\pm$  ошибка)

Ярус гнездова- ния	Доля от общей плотности, %			Плотность, пар/км <sup>2</sup>		
	Зона загрязнения					
	фоновая	буферная	импактная	фоновая	буферная	импактная
Верхний	29,0 $\pm$ 2,7	25,0 $\pm$ 1,7	44,7 $\pm$ 5,9 *	132,7 $\pm$ 11,6	114,7 $\pm$ 7,2	66,4 $\pm$ 5,6 **
Дупла	44,3 $\pm$ 3,1	27,2 $\pm$ 2,4 **	4,9 $\pm$ 2,0 **	218,2 $\pm$ 29,9	133,8 $\pm$ 15,8 *	9,6 $\pm$ 4,2 **
Нижний	8,9 $\pm$ 2,3	22,5 $\pm$ 2,2 **	14,5 $\pm$ 7,5	57,5 $\pm$ 22,6	106,6 $\pm$ 12,0	30,2 $\pm$ 17,0
Земля	17,8 $\pm$ 2,2	25,3 $\pm$ 2,7 *	35,9 $\pm$ 7,3 *	98,7 $\pm$ 18,7	128,9 $\pm$ 22,9	53,7 $\pm$ 11,7 *

П р и м е ч а н и е. Кукушки, техногенная пустошь исключены. \* Отличия от фонового показателя значимы при  $p < 0,05$  ( $F$  – критерий Фишера и  $t$  – критерий Стьюдента), \*\*  $p < 0,001$ .

Урале [15], на Кольском полуострове [8], в горах Центральной Европы [6]. В окрестностях медно-никелевого завода в Харьявалте в 2001 г. не отмечено сокращения общей плотности населения птиц по сравнению с контролем, среднее число видов в учетах меньше на 16 %, а индекс разнообразия Шеннона – на 9 % [9]. Вблизи Карабаша (даже если не учитывать техногенную пустошь) общая плотность населения сократилась по сравнению с контролем в 3,2 раза, среднее число видов в учетах – в 2,8 раза, а индекс Шеннона – в 1,9 раза (см. табл. 1). Менее выраженный эффект загрязнения в Харьявалте по сравнению с другими заводами связан, по-видимому, с меньшим уровнем загрязнения: в предшествующий учетам 2000 г. валовые выбросы составили около 3000 т [31], тогда как в Карабаше в 2008 г. – втрое больше [17]. Однако следует отметить хоть и резко выраженный, но локальный эффект воздействия выбросов КМЗ на население птиц. Общая плотность населения птиц и количество видов значимо отличаются от контроля лишь в радиусе 6–8 км от завода.

Реакции на техногенное воздействие разных видов птиц зависят от их экологической специфики. Показано, что в условиях загрязнения доля типично лесных видов в населении птиц сокращается [6–9, 15]. Причины такого снижения – отсутствие мест для гнездования вследствие деградации древесного яруса, увеличение беспокойства вблизи источника выбросов, сокращение кормовой базы для специализированных видов. В окрестностях Карабаша исчезают из населения или

снижают обилие более чем в 8 раз синицы и мухоловка-пеструшка (дуплогнездники), дрозды (значительную часть рациона которых составляют почвенные беспозвоночные, в том числе дождевые черви) и ряд других. Увеличение обилия серой мухоловки в буферной зоне по сравнению с фоновой связано с ее предпочтением участков негустого леса с открытым пространством под или между кронами деревьев [32]. Некоторое изреживание древостоя в буферной зоне благоприятствует этому виду. Доля (от общей плотности) типично лесных видов в районе исследований уменьшается с 73 % в контроле до 59 % в импактной зоне.

Известно, что мало зависит от загрязнения обилие экологически пластичных видов, гнездящихся в кустарнике, на подросте, земле [6–9, 15]. Такую реакцию в окрестностях Карабаша демонстрируют зеленая пеночка, обыкновенная горихвостка. Снижение обилия пеночки-геньковки в импактной зоне по сравнению с фоновой может быть связано с деградацией и ухудшением защитных свойств травяно-кустарничкового яруса, где этот вид устраивает гнезда. Наибольшей плотности при промежуточном уровне загрязнения достигают садовая, черноголовая славки и чечевича, гнездящиеся в кустарниках, на подросте, часто по лесным опушкам.

Увеличение обилия обыкновенной овсянки и обыкновенной каменки объясняется их биотопическими предпочтениями. Это виды открытых местообитаний, гнездящиеся на земле (овсянка) и в полостях грунта (каменка), и деградация леса благоприятна для них. Камен-

ка питается беспозвоночными, собирая их с поверхности почвы, и избегает участков с густым травостоем. Ее распространение в районе исследований ограничено техногенной пустошью, где почти отсутствует любая растительность.

Изменение распределения птиц по ярусам гнездования в условиях загрязнения отмечали и в других районах исследований. Доля видов, гнездящихся на земле и в полостях грунта, в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода увеличилась с 33 % в контроле до 54 % в импактной зоне [15], вблизи комбината “Североникель” (Мончегорск) соответственно с 39 до 63 % (рассчитано по: [8]). В лиственных лесах Южного и Среднего Урала, а также в северной тайге доля дуплогнездников в населении птиц резко падает на загрязненной территории (соответственно в 9, 2,2 и 2,4 раза). Доля других групп в сообществе может изменяться по-разному в разных регионах. Относительное обилие птиц, гнездящихся в нижнем ярусе леса, значимо не изменяется в градиенте загрязнения в сравниваемых регионах. Доля птиц, гнездящихся в верхнем ярусе, уменьшается на Среднем Урале, почти не меняется в окрестностях Мончегорска и увеличивается в окрестностях Карабаша. Этот эффект, по-видимому, связан с различиями реакций на загрязнение растительности разных ярусов леса в этих регионах. В окрестностях Карабаша в наибольшей степени преобразован травяной ярус, а древесный ярус исчезает последним [18]. В северной тайге и на Среднем Урале, напротив, в первую очередь выпадает древесный ярус, а травяно-кустарничковый более устойчив [5, 33]. Разумеется, при включении в анализ не только лесных участков Южного Урала, но и техногенной пустоши можно видеть исчезновение из сообщества всех групп, кроме гнездящихся на земле.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение среды выбросами Карабашского медеплавильного завода приводит к уменьшению общей плотности, видового богатства и разнообразия населения птиц березовых лесов. С увеличением загрязнения в сообществе снижается доля дуплогнездников

и увеличивается доля видов, гнездящихся на земле и в верхнем ярусе леса. В то же время абсолютное обилие всех групп уменьшается. Изменения показателей населения птиц ограничены локальной территорией (6–8 км от завода). На техногенной пустоши, где почти отсутствует растительность, гнездится единственный вид, характерный для открытых местообитаний – обыкновенная каменка.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 13-04-00915, 13-04-01229), программы развития ведущих научных школ (НШ-5325.2012.4) и Президиума РАН (программа “Живая природа”, проект 12-П-4-1026).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Равкин Ю. С. Пространственная организация населения птиц лесной зоны: (Западная и Средняя Сибирь). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 264 с.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 348 с.
3. Koskimies P. Birds as a tool in environmental monitoring // *Ann. Zool. Fennici*. 1989. Vol. 26. P. 153–166.
4. Лебедева Н. В. Экотоксикология и биогеохимия географических популяций птиц. М.: Наука, 1999. 199 с.
5. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
6. Flousek J. Impact of industrial emissions on bird populations breeding in mountain spruce forests in Central Europe // *Ann. Zool. Fennici*. 1989. Vol. 26, N 3. P. 255–263.
7. Lemberk V. Srovnávaní ornitocenoz smrkových lesov Krkonoš podlé stupně poškození imisemi // *Opera corcontica*. 1989. N 26. P. 131–143.
8. Gilyazov A. S. Air pollution impact on the bird communities of the Lapland biosphere reserve // *Aerial pollution in Kola Peninsula: Proc. of the Int. Workshop, April 14–16, 1992. Apatity, 1993*. P. 383–390.
9. Eeva T., Hakkarainen H., Koivunen V. Population densities of forest birds in a heavy metal pollution gradient // *Avian Science*. 2002. Vol. 2. P. 227–236.
10. Ливанов С. Г. Сезонная динамика населения птиц Среднего Урала // *Сиб. экол. журн.* 2002. Т. 9, № 5. С. 549–564.
11. Захаров В. Д. Биоразнообразие населения птиц наземных местообитаний Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1998. 158 с.
12. Коровин В. А. Птицы в агроландшафтах Урала. Екатеринбург: УрГУ, 2004. 503 с.
13. Ильичев В. Д., Фомин В. Е. Орнитофауна и изменение среды (на примере Южно-Уральского региона). М.: Наука, 1988. 248 с.
14. Ливанов С. Г., Коровин В. А., Кочанов С. К. Пространственная организация летнего населения птиц Урала // *Сиб. экол. журн.* 2004. Т. 11, № 4. С. 527–537.
15. Бельский Е. А., Ляхов А. Г. Реакции населения птиц южной тайги Среднего Урала на техногенное за-



- грязнение среды обитания // Экология. 2003. № 3. С. 200–207.
16. Kozlov M. V., Zvereva E. L., Zverev V. E. Impacts of point polluters on terrestrial biota. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2009. P. 1–466.
  17. Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды Челябинской области в 2008 году / М-во по радиационной и экологической безопасности Челяб. обл. / под ред. Г. Н. Подтесова. Челябинск, 2009.
  18. Черненькова Т. В., Степанов А. М., Гордеева М. М. Изменение организации лесных фитоценозов в условиях техногенеза // Журн. общ. биологии. 1989. Т. 1, № 3. С. 388–394.
  19. Степанов А. М. и др. Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги. М.: ЦЕПЛ, 1992. 246 с.
  20. Черненькова Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002. 191 с.
  21. Purvis O. W. et al. Lichen biomonitoring near Karabash Smelter town, Ural Mountains, Russia, one of the most polluted areas in the world // Proc. R. Soc. Lond. B. 2004. Vol. 271. P. 221–226.
  22. Некрасова Л. С. Влияние медеплавильного производства на почвенную мезофауну // Экология. 1993. № 5. С. 83–85.
  23. Черноусова Н. Ф. Влияние выбросов медеплавильного комбината на эколого-физиологические признаки обыкновенной полевки // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 83–90.
  24. Мухачева С. В., Давыдова Ю. А., Кшнясев И. А. Реакция населения мелких млекопитающих на загрязнение среды выбросами медеплавильного производства // Экология. 2010. № 6. С. 1–7.
  25. Чикишев А. Г. Физико-географическое районирование Урала // Проблемы физической географии Урала. М.: Изд-во МГУ, 1966. С. 7–84.
  26. Колесников Б. П. Очерк растительности Челябинской области в связи с ее географическим районированием // Тр. Ильм. заповедника. 1961. Вып. 4. С. 63–85.
  27. Järvinen O. Estimating relative densities of land birds by point counts // Ann. Zool. Fennici. 1978. Vol. 15. P. 290–293.
  28. Järvinen O., Väisänen R. Correction coefficients for line transect censuses of breeding birds // Ornis Fennica. 1983. Vol. 60. P. 97–104.
  29. Степанян Л. С. Состав и распределение птиц фауны СССР: Неворобьиные Non-Passeriformes. М.: Наука, 1975. 372 с.
  30. Степанян Л. С. Состав и распределение птиц фауны СССР: Воробьинообразные Passeriformes. М.: Наука, 1978. 392 с.
  31. Eeva T. et al. Environmental pollution has sex-dependent effects on local survival // Biology Letters. 2006. Vol. 2. P. 298–300.
  32. Птицы Рязанской Мещеры / под ред. Е. И. Хлебосолова. Рязань: Голос губернии, 2008. 208 с.
  33. Chernen'kova T. V. Biogeocenotic approach to the evaluation of the condition of forest ecosystems under anthropogenic influence // Acta Biologica Hungarica. 1986. N 37 (1). P. 47–53.

## Bird Population in the Forests of the Southern Urals under the Conditions of Industrial Pollution. Communication 1. Reactions of Species and the Community

E. A. BELSKII, E. A. BELSKAYA

*Institute of Plant and Animal Ecology UrB RAS  
620144, Yekaterinburg, 8 Marta str., 202  
E-mail: belskii@ipae.uran.ru*

Changes in the summer bird population of birch forests in the gradient of pollution with the emissions from the Karabash copper smelter (Chelyabinsk Region) were studied in 2009 by means of point counts. With increasing pollution, total density, species richness and diversity of bird population decrease, the fraction of hole-nesters in the community decreases, while the fraction of species nesting on ground and in the upper layer of forest increases. Changes in the majority of characteristics of bird population are limited to a local territory (at a distance of 6–8 km from the plant).

**Key words:** bird population, industrial pollution, the Southern Urals.