

УДК 599.426:574.3

## ДИНАМИКА ИНДЕКСОВ РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE) НА ЗИМОВКЕ В ТЕХНОГЕННОМ ПОДЗЕМЕЛЬЕ

<sup>1</sup>Снитко К.В., <sup>2</sup>Снитко В.П.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, e-mail: kvsnitko@gmail.com;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное природоохранное учреждение науки «Ильменский государственный заповедник», Миасс, e-mail: snitko@ilmeny.ac.ru

На зимовках 2007/2008–2010/2017 гг. в штольнях пос. Слюдорудник (Челябинская обл.) выявлено 6 видов летучих мышей. В доминирующий комплекс входят 3 вида – северный кожанок *Eptesicus nilssonii*, бурый ушан *Plecotus auritus* и ночница Брандта *Myotis brandtii*, а 2 вида (ночницы прудовая *M. dasycneme* и усатая *M. mystacinus*) – редкие на зимовке. Индекс биоразнообразия Пиелу имеет низкие значения от 0,2 до 0,3, что свидетельствует о постоянном преобладании одних видов над другими. Индекс Шенона также имеет низкие значения (1,1–1,6), что указывает на воздействие стресса и нестабильное состояние сообщества рукокрылых. Динамика индексов разнообразия показывает заметное снижение на зимовке 2010/2011 гг., что связано с природно-климатическими факторами.

**Ключевые слова:** рукокрылые, зимовка, искусственные подземелья, биоразнообразие, сообщества

## DYNAMICS OF INDEXES OF A VARIETY OF COMMUNITIES OF BATS (CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE) ON HIBERNATION IN ARTIFICIAL UNDERGROUND

<sup>1</sup>Snitko K.V., <sup>2</sup>Snitko V.P.

<sup>1</sup>Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, e-mail: kvsnitko@gmail.com;

<sup>2</sup>Il'men State Nature Reserve, Miass, e-mail: snitko@ilmeny.ac.ru

On hibernation 2007/2008–2010/2017 of in adits of the settlement of Slyudorudnik (Chelyabinsk Region) 6 species of bats are revealed. Includes 3 look in the dominating complex – Northern Bat *Eptesicus nilssonii*, Brown Big-eared bat *Plecotus auritus* and Brandt's bat *Myotis brandtii*, and 2 look (Pond bat *M. dasycneme* and Whiskered bat *M. mystacinus*) – infrequent on hibernation. The index of a biodiversity Piyela has the low values (0,2–0,3) demonstrating constant prevalence of one types over others. The Shenona index has low values (1,1–1,6) that indicates influence of a stress and an unstable condition of community of bats. Dynamics of indexes of a variety shows noticeable decrease on hibernation 2010/2011 of that it is bound to climatic factors.

**Keywords:** Chiroptera, bats communities, hibernation, artificial underground, biodiversity

Рукокрылые (Chiroptera) представлены в фауне России семейством Гладконосые (Vespertilionidae). На Южном Урале обитает 16 видов летучих мышей этого семейства [1–3], из них 7 видов относятся к группе перелетных, а 9 – к группе оседлых, зимующих в местах летнего обитания. За период активной индустриализации XX века на Урале кроме естественных карстовых полостей (пещер), используемых рукокрылыми для зимовки, появились искусственные техногенные подземелья (шахты и штольни) – результат добычи горных пород и минералов. Изучение заселения рукокрылыми техногенных подземелий и изменений биоразнообразия на зимовках позволяет выявить успешность их функционирования в антропогенно-трансформированной среде.

В качестве модельного подземелья исследовали штольни пос. Слюдорудник (Челябинская обл.). Штольни образованы в период 1930–1965 гг. в результате подземных

разработок. По своим микроклиматическим условиям (температура от –8 до +7°C, влажность 50–99%) и линейным характеристикам (общая протяженность ходов около 4 км) штольни пригодны для зимовок рукокрылых. Целью работы было выявление фаунистического состава и оценка многолетних изменений биоразнообразия рукокрылых на зимовке в техногенном подземелье.

### Материалы и методы исследования

Материалом работы послужили данные зимних учетов летучих мышей, полученные в 2007–2008 гг. и 2010–2017 гг. в штольнях пос. Слюдорудник. Летучих мышей учитывали визуально. Видовую принадлежность определяли при осмотре по внешним характерным признакам [4, 5], иногда для уточнения вида животных извлекали из укрытий. Ночниц, которых точно определить не могли, отмечали как *Myotis* sp. Для оценки количественного соотношения видов в сообществе использовали показатель относительного обилия ( $D$ ), определяемый как отношение числа особей данного вида ( $N$ ) к общему числу особей всех видов, отмеченных в одной выборке ( $S$ ):  $D = N / S$ .

Таблица 1

Видовой состав, численность (*N*) и относительное обилие (*D*) рукокрылых на зимовках в 2006/2007–2016/2017 гг. в штольнях пос. Слюдорудник

Зимовки, годы	<i>E. nilssonii</i>		<i>Pl. auritus</i>		<i>M. daubentonii</i>		<i>M. brandtii</i>		<i>M. mystacinus</i>		<i>M. dasynceme</i>		<i>Myotis sp.</i>		S
	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	
2006/2007	28	0,24	33	0,28	15	0,13	34	0,29	1	0,01	0	0	5	0,04	116
2007/2008	42	0,32	20	0,15	13	0,10	40	0,30	0	0	6	0,05	11	0,08	132
2010/2011	12	0,12	2	0,02	14	0,14	65	0,66	0	0	6	0,06	1	0,01	99
2012/2013	24	0,20	39	0,32	21	0,17	34	0,28	0	0	3	0,02	1	0,01	122
2014/2015	47	0,34	12	0,09	24	0,18	50	0,36	0	0	4	0,03	1	0,01	138
2016/2017	23	0,23	14	0,14	21	0,21	33	0,33	2	0,02	7	0,07	2	0,02	102
Всего	176		120		108		256		3		26		20		709

Таблица 2

Данные описательной статистики численности видов рукокрылых на зимовках 2006/2007–20016/2017 гг. в штольнях пос. Слюдорудник

Виды	Число наблюдений	$M \pm s$	Min	Max	Медиана	Мода
<i>Myotis daubentonii</i>	6	18,00 ± 4,56	13	24	18	21
<i>Myotis dasynceme</i>	6	4,33 ± 2,58	0	7	5	6
<i>Myotis brandtii</i>	6	42,67 ± 12,68	33	65	37	34
<i>Myotis mystacinus</i>	6	0,50 ± 0,84	0	2	0	0
<i>Eptesicus nilssonii</i>	6	29,33 ± 12,99	12	47	26	множ.
<i>Plecotus auritus</i>	6	20,00 ± 13,81	2	39	17	множ.

Биоразнообразие сообществ рукокрылых оценивали с помощью информационного индекса Шеннона ( $H'$ ), характеризующего представленность видов в сообществе по численности [6–8]:

$$H' = \sum_{i=1}^N Di \times \ln Di,$$

где  $Di$  – доля особей  $i$ -го вида (относительное обилие).

В дополнение к индексу Шеннона вычисляли показатель выравнивания сообщества по Пиелу ( $E$ ): чем более равномерно представлены в сообществе составляющие его виды, тем ближе его значение к единице:

$$E = \frac{H'}{\ln S^{\perp}},$$

где  $S$  – общее число видов в выборке.

Расчеты осуществляли с использованием пакета Microsoft Excel и Statistica 6.1 for Windows.

### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследований было учтено 709 летучих мышей 6 видов: северный кожнок *Eptesicus nilssonii*, бурый ушан *Plecotus auritus*, ночница водяная *Myotis daubentonii*, ночница Брандта *M. brandtii*, ночница прудовая *M. dasynceme* и ночница усатая *M. mystacinus* (табл. 1).

Ежегодные количества учтенных животных в исследовании близки по объему и достаточны (около 100 экз.), что репрезентативно для расчетов информационных индексов [8, 9]. Для проверки на нормальность распределения количественных данных рассчитали математическое ожидание ( $M$ ), среднее квадратичное отклонение ( $s$ ), медиану, моду изменяющейся численности каждого вида летучих мышей (табл. 2).

Полученные данные по численности видов рукокрылых в штольнях на зимовке не симметричны относительно своего среднего значения  $M$ : математическое ожидание, мода и медиана не совпадают. Но большинство значений попадает в интервал среднего квадратичного отклонения ( $M \pm s$ ). Превышение величины  $s$  над  $M$  отмечено у редкого вида *M. mystacinus*. Медианные значения численности доминирующих видов рукокрылых – *E. nilssonii*, *Pl. auritus*, *M. brandtii* – близки были в период исследований к нижнему квартилю. Попадание медианы внутрь диапазона квартильного размаха численности выполняется для всех видов летучих мышей за исключением *M. mystacinus* (рис. 1).

Из анализа численности следует, что к полученным данным можно применять расчетные методы вычисления индексов биоразнообразия, используя в расчетных

формулах относительное обилие и «нормализуя» логарифмированием ( $\ln Di$ ). Отсутствие нормальности распределения численности может свидетельствовать о нахождении сообщества рукокрылых на зимовке под воздействием стресса факторов

среды [8, 9]. Из данного заключения можно сделать вывод: рассчитанные индексы биоразнообразия ( $H'$ ) сообществ рукокрылых на зимовках варьируют в пределах 1,1–1,6, их изменчивость в межгодовой динамике представлена на рис. 2.

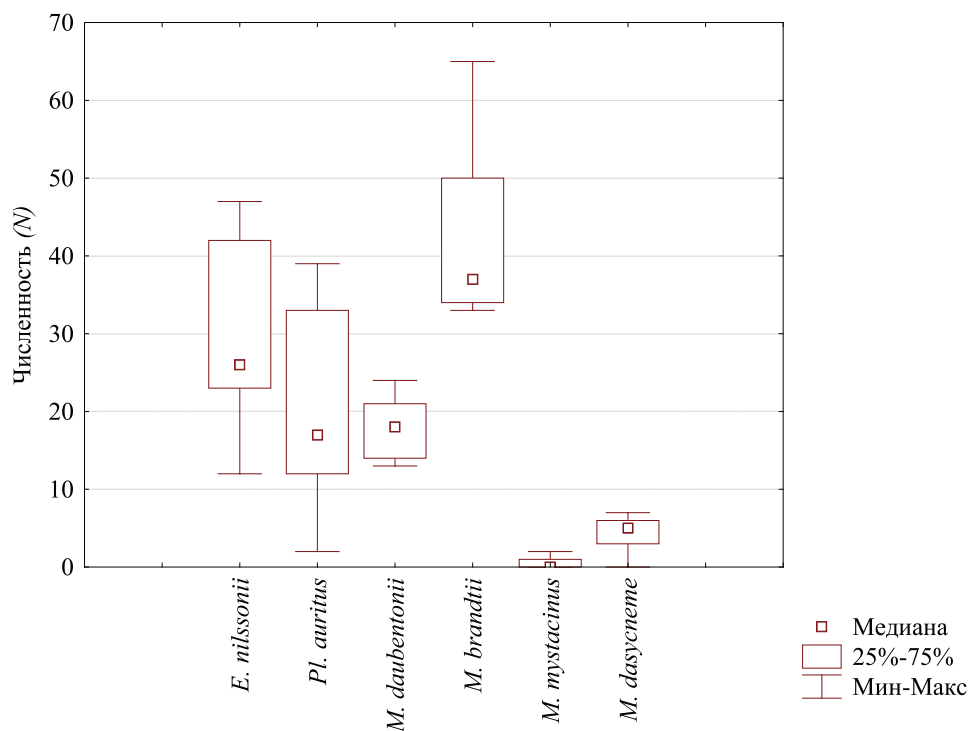


Рис. 1. Соотношение медианы и квартильного размаха численности каждого вида летучих мышей, учтенных на зимовках в период 2006/2007–2016/2017 гг. в штольнях пос. Слюдорудник

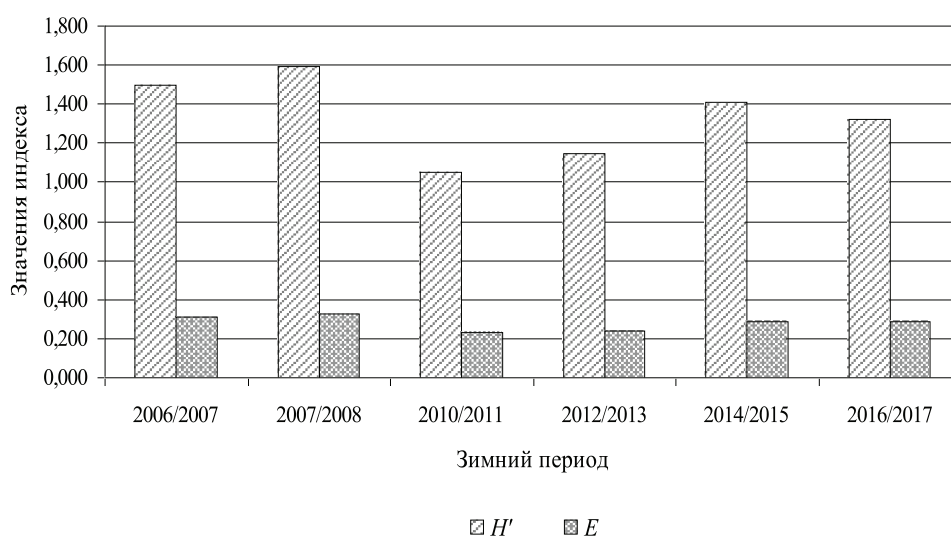


Рис. 2. Многолетняя динамика индекса биоразнообразия Шеннона ( $H'$ ) и показателя выровненности Пилу ( $E$ ) сообществ рукокрылых на зимовках в штольнях пос. Слюдорудник

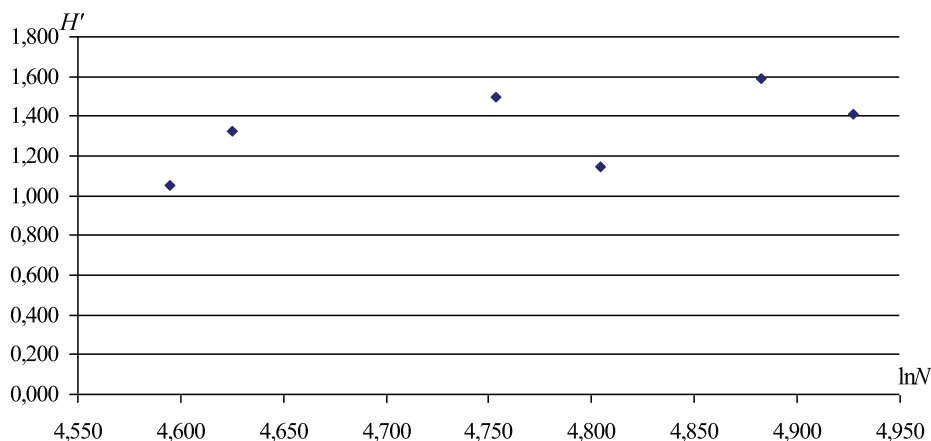


Рис. 3. Зависимость между численностью ( $\ln N$ ) и значениями индекса разнообразия Шеннона ( $H'$ )

В различных сообществах значения индекса лежат в пределах от 1,5 до 3,5, редко превышая 4,5 [8, 9], полученные нами значения находятся у нижних пределов. Невысокие значения индексов биоразнообразия могут указывать на нестабильное состояние сообщества рукокрылых. Известно, что индекс Шеннона суммирует большое количество информации о численности, видовом составе и сильно зависит от числа редких видов, характеризуя видовое богатство: снижение индекса мы наблюдали при выпадении редких видов из учетов (*M. mystacinus*). Исследуемое сообщество рукокрылых является маловидовым ( $S = 6$ ), а в маловидовых сообществах ( $\leq 30$ ) на величину индекса преимущественно влияет количество видов, а не их представленность в сообществе. Невысокое значение индекса Шеннона указывает на неустойчивое состояние сообщества рукокрылых [8, 9]. Мы связываем неустойчивость сообщества, характеризуемую низким индексом биоразнообразия, с недавним заселением штолен рукокрылыми в 1970 годов. Многолетняя динамика показывает снижение индексов биоразнообразия на зимовке в 2010/2011 гг. (рис. 2), что могло происходить вследствие дополнительного воздействия внешних неблагоприятных факторов, приводящего к увеличению стрессового состояния сообществ рукокрылых. Зависимость величины индекса разнообразия Шеннона от численности сообщества ( $\ln N$ ) представлена на рис. 3.

Из рисунка видно, что зависимость величины индекса Шеннона от численности сообщества не наблюдается, что свидетельствует о репрезентативности данных учетов и достоверности многолетних исследований индекса Шеннона.

Использование индекса Пиелу позволило оценить изменчивость выравненности видов в сообществах зимовки по их относительному обилию. Значения индекса Пиелу варьировали в узких пределах 0,239–0,326, характеризуя постоянно низкую выровненность видов в сообществе, наблюдается выраженное преобладание в сообществе одних видов над другими. Наибольшие величины этого индекса отмечены на зимовке 2007/2008 гг. Прослеживается рост выровненности сообществ ( $E$ ) на зимовках, с сезона 2010/2011 по 2016/2017 гг. Похожие тенденции отмечены для населения рукокрылых, зимующих в штольнях Самарской Луки в Поволжье, заселяемых во второй половине XX века [10, 11]: к концу века наблюдался максимум видового разнообразия, выровненности сообществ. Исследуемые нами штольни начали заселяться позже, и пока мы наблюдаем колебания биоразнообразия. Низкое значение индекса Пиелу, свидетельствующее о сильном доминировании одних видов над другими, может характеризовать высокий уровень экологической адаптации некоторых видов (*E. nilssonii*, *Pl. auritus*, *M. brandtii*) к условиям техногенных подземелий.

### Заключение

Таким образом, в ходе исследования на зимовке в техногенном подземелье было учтено 709 особей 6 видов летучих мышей. Три вида являются обычными и многочисленными на зимовках и входят в доминирующий комплекс рукокрылых подземелья – северный кожанок *E. nilssonii*, бурый ушан *Pl. auritus*, нощница Брандта *M. brandtii*. Два вида являются редкими и встречаются с малой численностью на зимовке: нощница прудовая *M. dasycneme* и усатая *M. mystacinus*.

Обнаружено выраженное преобладание одних видов летучих мышей над другими – постоянно низкую выровненность видов в сообществе характеризовали низкие значения индекса разнообразия Пиелу (0,2–0,3). Индекс разнообразия Шеннона имел низкие значения (1,1–1,6), что указывает на нестабильное состояние сообщества рукокрылых: стрессовое состояние вследствие расширения ареала, адаптации к новым антропогенным (техногенным) ландшафтам. Динамика индексов разнообразия показывает его заметное снижение на зимовке 2010/2011 гг., что связано с природно-климатическими факторами – температурой и влажностью, влияющими на промерзание штолен в зимний период.

#### Список литературы

1. Ленёва Е.А. Относительное обилие, встречаемость и статус рукокрылых Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2013. – № 2 (6). – С. 14–18.
2. Снитко В.П., Снитко Л.В. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) Предуралья и Южного Урала (Республика Башкортостан) // Зоологический журнал. – 2015. – Т. 94, № 12. – С. 1436–1456.
3. Снитко В.П., Снитко Л.В. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) Южного Урала (Челябинская область) // Зоологический журнал. – 2017. – Т. 96, № 3. – С. 320–349.
4. Ильин В.Ю., Ермаков О.А., Быстракова Н.В. Определитель рукокрылых (Chiroptera) Поволжья: Методические рекомендации. – Пенза: ПГПУ, 1999. – 36 с.
5. Dietz C., von Helversen O. Illustrated identification key to the bats of Europe // Electronic Publication. Version 1.0. First released 15.12.2004. Tuebingen and Erlangen (Germany), 2004. – 72 p.
6. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 286 с.
7. Бродский А.К. Биоразнообразие: учебник для студ. учрежд. высш. проф. образования / А.К. Бродский. – М.: Изд. Дом «Академия», 2012. – 208 с.
8. Биоразнообразие: курс лекций / сост.: Б.В. Кабельчук, И.О. Лысенко, А.В. Емельянов, А.А. Гусев. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. – 156 с.
9. Мэггаран А.Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
10. Смирнов Д.Г., Вехник В.П., Курмаева Н.М., Шепелев А.А., Ильин В.Ю. Видовая структура и динамика сообщества рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae), зимующих в искусственных подземельях Самарской Луки // Известия РАН. Серия Биологическая. – 2007. – № 5. – С. 608–618.
11. Смирнов Д.Г. Организация сообществ и популяций рукокрылых (Mammalia: Chiroptera) в условиях умеренно-континентального климата России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Пенза, 2013. – 46 с.