

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ КРУПНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ САМАРСКОЙ ЛУКИ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

© 2009 Д.Б. Гелашвили¹, Г.С. Розенберг², С.В. Саксонов²,
И.О. Иванова¹, В.П. Вехник³

¹ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

³ Жигулевский государственный природный заповедник, г. Жигулевск

Показано, что проблема связи биоразнообразия и метеоклиматических факторов представляется отнюдь не однозначной, особенно в контексте острой дискуссии о глобальном потеплении и его возможных последствиях. Именно недостаточность и фрагментарность данных об изменении параметров биоты остро ставит вопрос о безотлагательной необходимости проведения систематических наблюдений и исследований по выявлению связи биоразнообразия и метеоклиматических факторов.

Ключевые слова: изменение климата, биоразнообразие.

Изменение биоразнообразия происходит под действием различных факторов, биотических и абиотических. Одним из важнейших абиотических факторов является климат, который в свою очередь изменяется как в результате антропогенного воздействия, так и под влиянием естественных причин. Существует большое количество работ посвященных исследованию причин глобального изменения климата, а так же разработке различных сценариев, описывающих последствия таких изменений [14-16]. Однако исследования посвященные изучению связи биологического разнообразия с изменениями климата редко встречаются. Анализ такого рода сталкивается с объективными трудностями, обусловленными разнокачественностью данных о динамике параметров климата, с одной стороны, и биоты, в частности биоразнообразия – с другой.

Результат воздействия макроклимата на биоту легче прослеживается в планетарном или континентальном масштабе. Однако глобальные закономерности распределения биоты обусловлены локальными, в частности популяционными процессами. Эти противоречия можно частично разрешить путем изучения пространственной изменчивости биоты в зависимости от климата на основе данных локального характера. Известно, что климатическое районирование всегда основывалось на материалах метеостанций. Существующие заповедники и стационары представляют собой своего рода сеть локальных «биостанций», в которых накоплены сведения о различных параметрах местной биоты. Кроме того, использование локальных данных позволяет анализировать пространственную изменчивость биоты не только от климата, но и местных биотических и биотических факторов. Все вышесказанное ставит на повестку дня вопрос не только о необходимости изучения взаимосвязи биоты и климата (для региональных масштабов – погоды), но совершенствования и разработки методов оценки этих взаимодействий.

Целью данной работы явилось выявление связи между биоразнообразием Жигулевского государственного природного заповедника им. И.И. Спрыгина, оцениваемого по показателям видовой структуры сообщества крупных млекопитающих, и характеристиками погодных условий за период с 1994

Гелашвили Давид Бежанович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии. E-mail: ecology@bio.unn.ru

Розенберг Геннадий Самуилович, член-корр. РАН, доктор биологических наук, профессор, директор. E-mail: genarozenberg@yandex.ru

Саксонов Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор. E-mail: sv saxonoff@uapex.ru

Иванова Ирина Олеговна, аспирант кафедры экологии. E-mail: ecology@bio.unn.ru

Вехник Владимир Петрович, старший научный сотрудник. E-mail: vekhnik@mail.ru.

по 2004 гг. Принимая во внимание необходимость комплексной оценки качества среды обитания за исследуемый период наблюдений с использованием разноразмерных показателей, для эффективного свертывания информации об экосистеме и приведения её в оценочную категорию использовалось построение обобщенной функции желательности.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить различия между годами наблюдений по численности популяций крупных млекопитающих и показателям погодных условий.

2. Изучить связь показателей численности популяций млекопитающих с изменениями погодных условий.

3. Рассчитать показатели видовой структуры для сообщества крупных млекопитающих по годам наблюдений.

4. Изучить межгодовые различия показателей видовой структуры сообщества крупных млекопитающих и взаимосвязь этих показателей с погодными условиями.

5. Рассчитать значение обобщенной функции желательности по показателям видовой структуры сообщества крупных млекопитающих для комплексной оценки полученных данных за десятилетний период (1994-2004 гг.), а также сравнить полученные

оценки с таковыми для ГПБЗ «Керженский» и «Большая Кокшага».

Материалы и методы исследований.

Исходными данными послужили материалы о численности популяций крупных млекопитающих за период с 1994 по 2006 гг. (табл. 1), а также сведения о погодных условиях на территории заповедника за 1994-2004 гг. (табл. 2), любезно предоставленные дирекцией Жигулевского заповедника. Статистическая обработка данных производилась с помощью ППП STATISTICA 6.0 и рекомендаций, изложенных в руководствах С. Гланца [3], О.Ю. Ребровой [4], В. Боровикова [2] и др. Принимая во внимание ограниченный объем анализируемых данных, были использованы непараметрические статистические критерии.

Анализ межгодовых различий проводился с помощью критерия Фридмана – непараметрического аналога дисперсионного анализа повторных измерений. При проведении корреляционного анализа вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для сравнения результатов, полученных за один и тот же период времени (1994-2004 гг.) в заповедниках «Керженский» и «Большая Кокшага» и Жигулевском заповеднике применяли двухфакторный дисперсионный анализ по иерархической схеме.

Таблица 1. Плотность популяций крупных млекопитающих ГПЗ «Жигулевский» в 1994-2006 гг. по данным зимних маршрутных учетов, особи на 1000 га площади заповедника

| Виды | Средние показатели плотности населения животных (кол-во особей/1000 га) по годам | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Косуля | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Лось | 3,07 | 2,22 | 4,18 | 1,61 | 2,53 | 3,04 | 1,48 | 1,14 | 1,34 | 2,38 | 1,59 | 1,91 | 6,91 |
| Кабан | 3,29 | 2,86 | 2,03 | 5,92 | 2,84 | 2,35 | 2,08 | 3,72 | 2,41 | 1,96 | 1,15 | 4,76 | 3,69 |
| Волк | 0,10 | 0,27 | 0,43 | 0,06 | 0,21 | 0,12 | 0,08 | 0,06 | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| Лисица | 1,05 | 1,02 | 1,45 | 1,32 | 1,22 | 0,38 | 0,42 | 0,82 | 0,73 | 1,23 | 0,85 | 0,38 | 0,51 |
| Рысь | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Заяц-беляк | 3,41 | 4,77 | 26,10 | 10,43 | 12,45 | 0,34 | 3,52 | 1,34 | 1,39 | 9,68 | 15,18 | 2,70 | 12,42 |
| Куница | 1,66 | 0,69 | 1,11 | 1,83 | 2,70 | 1,51 | 0,73 | 0,41 | 0,41 | 0,59 | 0,48 | 0,06 | 0,39 |
| Горностай | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 1,40 | 0,35 | 0,00 | 0,49 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,26 |
| Ласка | 1,49 | 0,00 | 1,21 | 1,59 | 2,10 | 0,42 | 0,21 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Белка | 4,93 | 2,47 | 6,95 | 1,15 | 2,70 | 1,26 | 2,62 | 1,05 | 1,05 | 1,66 | 3,74 | 0,83 | 0,63 |

Для комплексной оценки качества среды обитания за исследуемый период наблюдений использовалось построение обобщенной функции желательности, как эффективный способ свертывания информации об экосистеме и приведение её в оценочную категорию [5]. В основе построения обобщенной функции желательности лежит способ преобразования натуральных значений частных признаков в шкалу кодированных откликов с последующим переводом в шка-

лу безразмерных предпочтительностей или желательностей. Для построения шкалы кодированных откликов (частных функций желательности, d_i) был использован алгоритм свертки:

$$d_i = \frac{2(x_i \times x_{\max})}{x_i^2 + x_{\max}^2}, \quad (1)$$

$$d_i = \frac{2(x_i \times x_{\min})}{x_i^2 + x_{\min}^2}, \quad (2)$$

где: x_i , x_{\min} , x_{\max} – соответственно, текущее, минимальное и максимальное значение показателя. Если увеличение показателя являлось предпочтительным (желательным), то его частная функция желательности (d_i) рассчитывалась по формуле (1), если напротив, желательным было уменьшение показателя, то использовалась формула (2).

Расчет обобщенной функции желательности проводили по формуле:

$$D = \sqrt[m]{d_1 \times d_2 \times d_3 \times \dots \times d_i}$$

где d_i – частная функция желательности i -го показателя, m – число показателей использованных для расчета. Все значения частных и обобщенной функции желательности лежат в диапазоне от 0 до 1, что соответствует градациям «плохо – хорошо».

Таблица 2. Характеристика погодных условий ГПЗ «Жигулевский» 1994-2004 гг.

| Показатель | Годы | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| температура средняя | 4,2 | 7,2 | 4,1 | 4,8 | 4 | 4,6 | 6 | 5,9 | 5,5 | 5,2 | 6,2 |
| температура средняя максимальная | 9,3 | 12,7 | 9,5 | 9,6 | 10,4 | 11,4 | 11,4 | 11,2 | 10,6 | 10,5 | 11,2 |
| температура средняя минимальная | -0,2 | 2,2 | -1,3 | 0,2 | -3,5 | -2,4 | 0,7 | 1 | 0,7 | 0,7 | 1,9 |
| количество осадков | 659 | 509 | 432 | 655 | 522 | 555 | 538 | 572 | 543 | 448 | 732 |
| число дней с устойчивым снежным покровом | 154 | 128 | 133 | 140 | 157 | 150 | 127 | 141 | 118 | 131 | 138 |
| число дней с морозом | 169 | 136 | 183 | 161 | 204 | 179 | 174 | 155 | 153 | 169 | 142 |
| число дней с оттепелью в воздухе в период устойчивого снежного покрова | 48 | 55 | 41 | 47 | 60 | 71 | 68 | 61 | 64 | 52 | 58 |
| число дней с оттепелью в воздухе в период с 1.01 по 31.03 и с 1.11 по 31.12 | 43 | 72 | 52 | 56 | 55 | 69 | 83 | 71 | 90 | 68 | 74 |
| число дней с осадками | 216 | 187 | 139 | 210 | 177 | 181 | 192 | 178 | 196 | 181 | 201 |

Результаты и их обсуждение.

Анализ межгодовых различий комплекса исходных данных. Поскольку анализировались данные за относительно небольшой период времени (~10 лет), то у большинства популяций крупных млекопитающих колебания численности имели стохастический характер (рис. 1). Для наглядного представления динамики численности крупных млекопитающих были построены графики скользящей средней с шагом в два года (рис. 2). Отметим, что аналогичная картина наблюдается и в ГПБЗ «Керженский» в период 1994-2006 гг., в заповеднике «Большая Кокшага» в период с 1994- 2004 гг. и в заповеднике «Костамукшский» в период 1986-2005 гг.

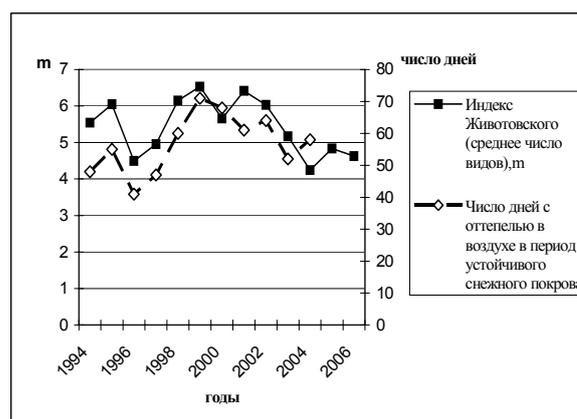


Рис. 2. Связь динамики индекса Животовского с числом дней с оттепелью в период устойчивого снежного покрова

Анализ показал, что на протяжении 12 лет (1994-2006 гг.) наблюдаются статистически значимые межгодовые различия численности популяций крупных млекопитающих (табл. 3). Значение критерия Фрийдмана было

больше табличного при уровне значимости $p=0,00019$, что позволяло отклонить нулевую гипотезу об отсутствии различий. Анализ погодных условий, проведенный с использованием критерия Фридмана, не выявил статистически значимых различий между годами наблюдений по фиксированному набору показателей (табл. 4).

Полученные результаты позволяют поставить вопрос о причинах наблюдаемых колебаний численности популяций крупных млекопитающих. Как известно, теоретическая экология рассматривает в качестве

лимитирующих факторов, оказывающих влияние на колебания численности популяции, факторы, зависящие и не зависящие от плотности. В качестве первых выступают внутривидовые механизмы регуляции численности, тогда как вторые связаны, в основном, с метеоклиматическими, или погодными условиями. С учетом задач, поставленных в настоящей работе, дальнейший анализ был посвящен выяснению связи колебаний плотности представителей биоты с погодными факторами.

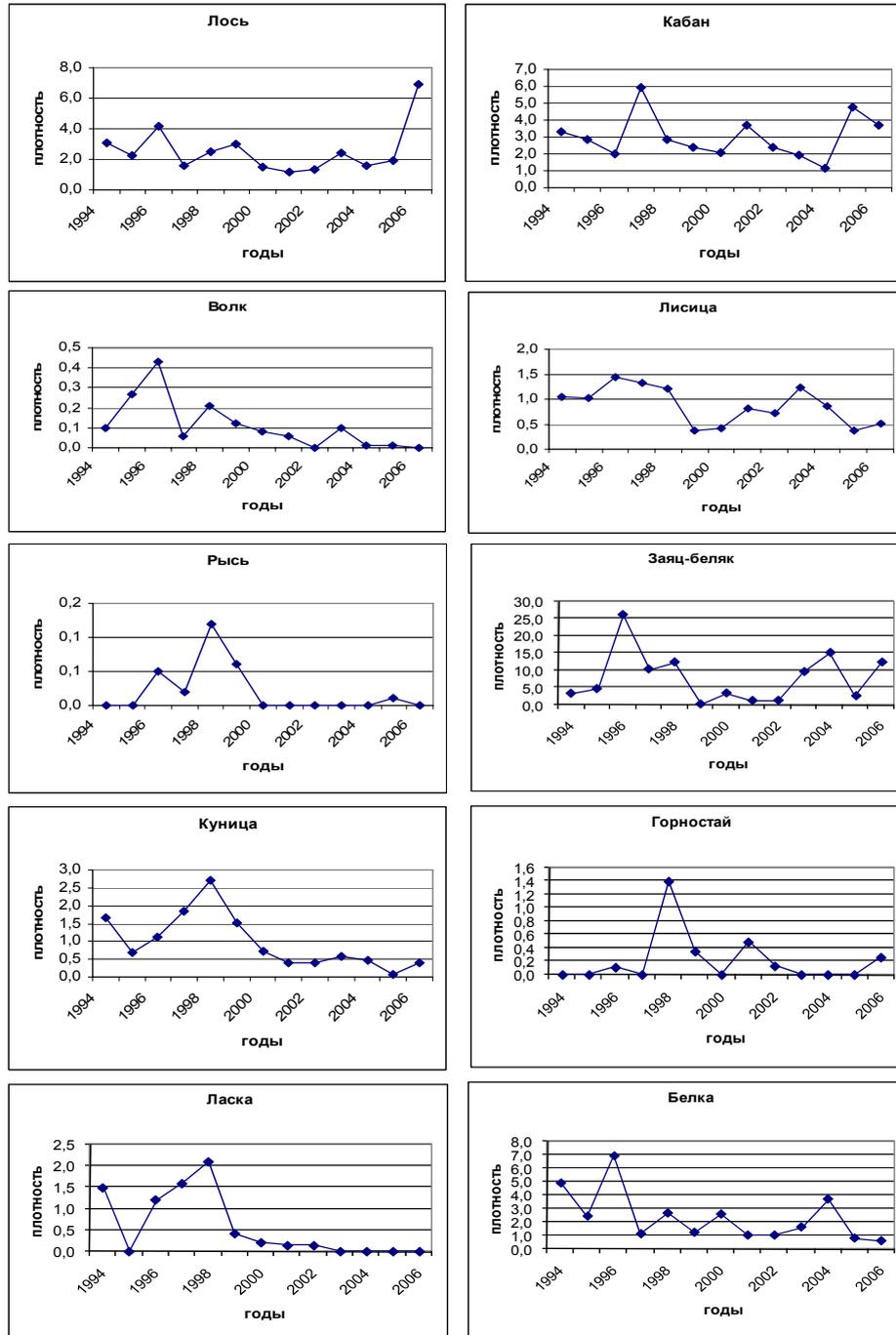


Рис. 1. Динамика численности популяций крупных млекопитающих на территории заповедника «Жигулевский» за период 1994-2006 гг.

Таблица 3. Анализ межгодовых различий численности (N) популяций крупных млекопитающих с помощью критерия Фридмана

| Виды | Средние показатели плотности населения животных (кол-во особей/1000 га) по годам | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| | 1994 | | 1995 | | 1996 | | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | |
| | N | R | N | R | N | R | N | R | N | R | N | R | N | R |
| Косуля | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | |
| Лось | 3,07 | 11,0 | 2,22 | 7,0 | 4,18 | 12,0 | 1,61 | 5,0 | 2,53 | 9,0 | 3,04 | 10,0 | 1,48 | 3,0 |
| Кабан | 3,29 | 9,0 | 2,86 | 8,0 | 2,03 | 3,0 | 5,92 | 13,0 | 2,84 | 7,0 | 2,35 | 5,0 | 2,08 | 4,0 |
| Волк | 0,10 | 8,5 | 0,27 | 12,0 | 0,43 | 13,0 | 0,06 | 5,5 | 0,21 | 11,0 | 0,12 | 10,0 | 0,08 | 7,0 |
| Лисица | 1,05 | 9,0 | 1,02 | 8,0 | 1,45 | 13,0 | 1,32 | 12,0 | 1,22 | 10,0 | 0,38 | 1,5 | 0,42 | 3,0 |
| Рысь | 0,00 | 4,5 | 0,00 | 4,5 | 0,05 | 11,0 | 0,02 | 10,0 | 0,12 | 13,0 | 0,06 | 12,0 | 0,00 | 4,5 |
| Заяц-беляк | 3,41 | 5,0 | 4,77 | 7,0 | 26,10 | 13,0 | 10,43 | 9,0 | 12,45 | 11,0 | 0,34 | 1,0 | 3,52 | 6,0 |
| Куница | 1,66 | 12,0 | 0,69 | 7,0 | 1,11 | 9,0 | 1,83 | 11,0 | 2,70 | 13,0 | 1,51 | 10,0 | 0,73 | 8,0 |
| Горно-стай | 0,00 | 4,0 | 0,00 | 4,0 | 0,11 | 8,0 | 0,00 | 4,0 | 1,40 | 13,0 | 0,35 | 11,0 | 0,00 | 4,0 |
| Ласка | 1,49 | 11,0 | 0,00 | 3,0 | 1,21 | 10,0 | 1,59 | 12,0 | 2,10 | 13,0 | 0,42 | 9,0 | 0,21 | 8,0 |
| Белка | 4,93 | 12,0 | 2,47 | 9,0 | 6,95 | 13,0 | 1,15 | 5,0 | 2,70 | 10,0 | 1,26 | 6,0 | 2,62 | 8,0 |
| Средний ранг | | 8,6 | | 7,0 | | 10,5 | | 8,7 | | 11,0 | | 7,6 | | 5,6 |
| Сумма рангов | | 86,0 | | 69,5 | | 105,0 | | 86,5 | | 110,0 | | 75,5 | | 55,5 |

| | Средние показатели плотности населения животных (кол-во особей/1000 га) по годам | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | |
| | N | R | N | R | N | R | N | R | N | R | N | R |
| Косуля | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | |
| Лось | 1,14 | 1,0 | 1,34 | 2,0 | 2,38 | 8,0 | 1,59 | 3,0 | 1,91 | 6,0 | 6,91 | 13,0 |
| Кабан | 3,72 | 11,0 | 2,41 | 6,0 | 1,96 | 2,0 | 1,15 | 1,0 | 4,76 | 12,0 | 3,69 | 10,0 |
| Волк | 0,06 | 5,5 | 0,00 | 1,5 | 0,10 | 8,5 | 0,01 | 3,5 | 0,01 | 3,5 | 0,00 | 1,5 |
| Лисы | 0,82 | 6,0 | 0,73 | 5,0 | 1,23 | 11,0 | 0,85 | 7,0 | 0,38 | 1,5 | 0,51 | 4,0 |
| Рысь | 0,00 | 4,5 | 0,00 | 4,5 | 0,00 | 4,5 | 0,00 | 4,5 | 0,01 | 9,0 | 0,00 | 4,5 |
| Заяц-беляк | 1,34 | 2,0 | 1,39 | 3,0 | 9,68 | 8,0 | 15,18 | 12,0 | 2,70 | 4,0 | 12,42 | 10,0 |
| Куницы | 0,41 | 3,5 | 0,41 | 3,5 | 0,59 | 6,0 | 0,48 | 5,0 | 0,06 | 1,0 | 0,39 | 2,0 |
| Горно-стай | 0,49 | 12,0 | 0,13 | 9,0 | 0,00 | 4,0 | 0,00 | 4,0 | 0,00 | 4,0 | 0,26 | 10,0 |
| Ласка | 0,14 | 6,5 | 0,14 | 6,5 | 0,00 | 3,0 | 0,00 | 3,0 | 0,00 | 3,0 | 0,00 | 3,0 |
| Белка | 1,05 | 3,5 | 1,05 | 3,5 | 1,66 | 7,0 | 3,74 | 11,0 | 0,83 | 2,0 | 0,63 | 1,0 |
| Средний ранг | | 5,6 | | 4,5 | | 6,2 | | 5,4 | | 4,6 | | 5,9 |
| Сумма рангов | | 55,5 | | 44,5 | | 62,0 | | 54,0 | | 46,0 | | 59,0 |
| Критерий Фридмана | 37,45 p=0,00019 | | | | | | | | | | | |

Таблица 4. Характеристика погодных условий ГПЗ «Жигулевский» 1994- 2004 гг.

| Показатель | Годы | | | | | | | | | | | |
|--|------|----|------|----|------|---|------|---|------|----|------|-----|
| | 1994 | | 1995 | | 1996 | | 1997 | | 1998 | | 1999 | |
| | абс. | R | абс. | R | абс. | R | абс. | R | абс. | R | абс. | R |
| температура средняя | 4,2 | 3 | 7,2 | 11 | 4,1 | 2 | 4,8 | 5 | 4 | 1 | 4,6 | 4 |
| температура средняя максимальная | 9,3 | 1 | 12,7 | 11 | 9,5 | 2 | 9,6 | 3 | 10,4 | 4 | 11,4 | 9,5 |
| температура средняя минимальная | -0,2 | 4 | 2,2 | 11 | -1,3 | 3 | 0,2 | 5 | -3,5 | 1 | -2,4 | 2 |
| количество осадков | 659 | 10 | 509 | 3 | 432 | 1 | 655 | 9 | 522 | 4 | 555 | 7 |
| число дней с устойчивым снежным покровом | 154 | 10 | 128 | 3 | 133 | 5 | 140 | 7 | 157 | 11 | 150 | 9 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| число дней с морозом | 169 | | 136 | | 183 | | 161 | | 204 | | 179 | |
| число дней с оттепелью в воздухе в период устойчивого снежного покрова | 48 | 3 | 55 | 5 | 41 | 1 | 47 | 2 | 60 | 7 | 71 | 11 |
| число дней с оттепелью в воздухе в период с 1.01 по 31.03 и с 1.11 по 31.12 | 43 | 1 | 72 | 8 | 52 | 2 | 56 | 4 | 55 | 3 | 69 | 6 |
| число дней с осадками | 216 | 11 | 187 | 6 | 139 | 1 | 210 | 10 | 177 | 2 | 181 | 4,5 |
| средний ранг | | 5,38 | | 7,25 | | 2,13 | | 5,63 | | 4,13 | | 6,63 |
| сумма рангов | | 43 | | 58 | | 17 | | 45 | | 33 | | 53 |

| | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| критерий Фридмана | 16,197, p = 0,09 | | | | | | | | | |
| Показатель | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | |
| | абс. | R | абс. | R | абс. | R | абс. | R | абс. | R |
| температура средняя | 6 | 9 | 5,9 | 8 | 5,5 | 7 | 5,2 | 6 | 6,2 | 10 |
| температура средняя максимальная | 11,4 | 9,5 | 11,2 | 7,5 | 10,6 | 6 | 10,5 | 5 | 11,2 | 7,5 |
| температура средняя минимальная | 0,7 | 7 | 1 | 9 | 0,7 | 7 | 0,7 | 8 | 1,9 | 10 |
| количество осадков | 538 | 5 | 572 | 8 | 543 | 6 | 448 | 2 | 732 | 11 |
| число дней с устойчивым снежным покровом | 127 | 2 | 141 | 8 | 118 | 1 | 131 | 4 | 138 | 6 |
| число дней с морозом | 174 | | 155 | | 153 | | 169 | | 142 | |
| число дней с оттепелью в воздухе в период устойчивого снежного покрова | 68 | 10 | 61 | 8 | 64 | 9 | 52 | 4 | 58 | 6 |
| число дней с оттепелью в воздухе в период с 1.01 по 31.03 и с 1.11 по 31.12 | 83 | 10 | 71 | 7 | 90 | 11 | 68 | 5 | 74 | 9 |
| число дней с осадками | 192 | 7 | 178 | 3 | 196 | 8 | 181 | 4,5 | 201 | 9 |
| средний ранг | | 7,44 | | 7,31 | | 6,88 | | 4,81 | | 8,56 |
| сумма рангов | | 59,5 | | 58,5 | | 55 | | 38,5 | | 68,5 |

Анализ связи показателей численности популяций млекопитающих с изменениями погодных условий. Для определения наличия, характера и силы связи численности популяций млекопитающих с изменениями погодных условий был рассчитан критерий ранговой корреляции Спирмена между соответствующими наборами показателей. В данном случае статистическая нулевая гипотеза формулируется как отсутствие связи (корреляции) показателей.

При изучении связи между численностью крупных млекопитающих и погодными условиями, статистически значимая корреляция наблюдалась только в 22-х случаях из 90-та рассмотренных корреляционных пар (табл. 5; рис. 2). Несмотря на то, что в подобных наблюдательных исследованиях нельзя дать однозначную оценку о взаимо-

связи одних показателей с другими, в данном случае можно отметить некоторые закономерности. Во всех корреляционных парах прямая взаимосвязь выявлена между численностью популяций, числом дней с устойчивым снежным покровом и числом дней с морозом, тогда как обратная корреляция наблюдается со средней, средней максимальной и минимальной температурой и с числом дней с оттепелью. Таким образом, повышение численности анализируемых видов наблюдается в годы с более морозными и снежными зимами. Так как на численность популяции оказывают влияние как абиотические, так и биотические факторы, то следующим этапом данной работы, стал анализ связи между биотическими (плотность) и абиотическими (погодные условия) показателями на уровне сообществ.

Таблица 5. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (R) между численностью популяций крупных млекопитающих и характеристиками погодных условий

| Плотность | Вид показателя | t ср С | t _{max} С | t _{min} С | Осадки, мм | Число дней с | | Число дней с оттепелью в воздухе в период | | Число дней с осадками |
|------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------|-----------------------------|-------------|---|--|-----------------------|
| | | | | | | устойчивым снежным покровом | морозом | устойчивого снежного покрова | в период с 1.01 по 31.03 и с 1.11 по 31.12 | |
| Лось | R | -0,71 | -0,50 | -0,67 | -0,31 | 0,45 | 0,61 | -0,47 | -0,8 | -0,23 |
| | p* | 0,02 | 0,14 | 0,02 | 0,36 | 0,17 | 0,05 | 0,14 | 0,003 | 0,5 |
| Кабан | R | -0,15 | -0,13 | -0,13 | 0,31 | -0,49 | -0,02 | -0,15 | -0,36 | 0,14 |
| | p | 0,65 | 0,71 | 0,70 | 0,36 | 0,12 | 0,96 | 0,67 | 0,27 | 0,68 |
| Волк | R | -0,43 | -0,07 | -0,42 | -0,66 | 0,24 | 0,53 | -0,3 | -0,57 | 0,58 |
| | p | 0,19 | 0,84 | 0,20 | 0,03 | 0,47 | 0,09 | 0,38 | 0,07 | 0,06 |
| Лисица | R | -0,45 | -0,73 | -0,23 | -0,32 | 0,17 | 0,2 | -0,93 | -0,71 | 0,15 |
| | p* | 0,16 | 0,01 | 0,50 | 0,34 | 0,61 | 0,55 | 0,001 | 0,01 | 0,67 |
| Рысь | R | -0,75 | -0,26 | -0,83 | -0,22 | 0,55 | 0,73 | -0,04 | -0,52 | 0,49 |
| | p* | 0,01 | 0,43 | 0,00 | 0,51 | 0,08 | 0,01 | 0,92 | 0,1 | 0,13 |
| Заяц-беляк | R | -0,17 | -0,40 | -0,06 | -0,26 | -0,01 | 0,15 | -0,65 | -0,32 | 0,15 |
| | p* | 0,61 | 0,22 | 0,85 | 0,43 | 0,95 | 0,66 | 0,03 | 0,34 | 0,67 |
| Куница | R | -0,70 | -0,44 | -0,76 | -0,02 | 0,61 | 0,65 | -0,3 | -0,71 | 0,01 |
| | p* | 0,02 | 0,17 | 0,01 | 0,96 | 0,05 | 0,03 | 0,38 | 0,01 | 0,97 |
| Горностай | R | -0,45 | 0,00 | -0,46 | -0,14 | 0,41 | 0,41 | 0,44 | -0,07 | 0,65 |
| | p* | 0,17 | 0,00 | 0,15 | 0,68 | 0,21 | 0,21 | 0,18 | 0,83 | 0,03 |
| Ласка | R | -0,81 | -0,61 | -0,84 | 0,09 | 0,61 | 0,69 | -0,19 | -0,65 | 0,05 |
| | p* | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,79 | 0,05 | 0,02 | 0,58 | 0,03 | 0,89 |
| Белка | R | -0,31 | -0,36 | -0,26 | -0,14 | 0,21 | 0,37 | -0,45 | -0,48 | 0,05 |
| | p* | 0,36 | 0,27 | 0,44 | 0,69 | 0,53 | 0,26 | 0,16 | 0,13 | 0,87 |

Анализ видовой структуры изучаемых сообществ. Для характеристики видовой структуры сообщества крупных млекопитающих был рассчитан ряд экологических

индексов, дающих количественную оценку видовому богатству и разнообразию, выравненности и степени доминирования (табл. 6):

Таблица 6. Показатели видовой структуры сообщества крупных млекопитающих заповедника «Жигулевский» 1994-2006 гг.

| Индекс | Годы | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| индекс видового разнообразия Шеннона | 2,679 | 2,438 | 1,936 | 2,297 | 2,588 | 2,650 | 2,450 | 2,568 | 2,568 | 2,014 | 1,602 | 1,985 | 1,835 |
| индекс видового разнообразия Симпсона | 5,797 | 4,695 | 2,516 | 3,686 | 4,206 | 5,063 | 4,677 | 4,449 | 5,085 | 2,873 | 2,123 | 3,300 | 2,844 |
| индекс Животовского (среднее число видов), m | 5,543 | 6,044 | 4,493 | 4,958 | 6,148 | 6,528 | 5,658 | 6,415 | 6,029 | 5,167 | 4,243 | 4,835 | 4,629 |
| индекс видового богатства Маргалефа | 1,648 | 1,563 | 1,652 | 1,746 | 1,867 | 2,730 | 2,013 | 2,502 | 2,392 | 1,450 | 1,326 | 2,050 | 1,295 |
| показатель доли редких видов Животовского, h | 1,443 | 1,158 | 2,023 | 1,815 | 1,627 | 1,532 | 1,414 | 1,403 | 1,327 | 1,355 | 1,650 | 1,655 | 1,512 |
| индекс выравненности Пилелу | 0,893 | 0,869 | 0,583 | 0,725 | 0,779 | 0,798 | 0,817 | 0,802 | 0,856 | 0,717 | 0,570 | 0,662 | 0,654 |
| индекс выравненности Симпсона | 0,725 | 0,671 | 0,252 | 0,410 | 0,421 | 0,506 | 0,585 | 0,494 | 0,636 | 0,410 | 0,303 | 0,413 | 0,406 |
| индекс доминирования Симпсона | 0,172 | 0,213 | 0,397 | 0,271 | 0,238 | 0,198 | 0,214 | 0,225 | 0,197 | 0,348 | 0,471 | 0,303 | 0,352 |
| число видов | 8 | 7 | 10 | 9 | 10 | 10 | 8 | 9 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 |

1. Индексы видового разнообразия:

индекс Шеннона: $H = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$, индекс ви-

дового разнообразия Симпсона: $C = \frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2}$,

индекс Животовского (среднее число видов):

$\mu = \left(\sum_{i=1}^s \sqrt{p_i}\right)^2$, показатель доли редких видов

Животовского: $h = 1 - \frac{\mu}{S}$.

2. Индекс видового богатства Маргалефа:

$d = \frac{S-1}{\log N}$.

3. Индексы выравненности Шеннона–

Пиелу: $E = \frac{H}{\log S} = \frac{H}{H_{\max}}$, Симпсона:

$$C = \frac{1}{S \sum_{i=1}^s p_i^2}$$

4. Индекс доминирования Симпсона:

$$c = \sum_{i=1}^s p_i^2,$$

где: S – число видов, p_i – доля i -го вида, N – общая численность.

Полученные биоценотические показатели были использованы для анализа межгодовых различий с помощью критерия Фридмана (табл. 7), который выявил наличие статистически значимых различий между годами наблюдений. Кроме того, для выявления взаимосвязи показателей видовой структуры сообщества крупных с параметрами погодных условий использовался метод ранговой корреляции Спирмена (табл. 8). Обратная корреляция установлена между числом видов, средней температурой и средней минимальной температурой, прямая корреляция выявлена между числом видов и числом дней с морозом, а так же между индексом Животовского, индексом видового богатства Маргалефа и числом дней с оттепелью (рис. 3). Уровень значимости во всех остальных рассматриваемых случаях был больше 0,05.

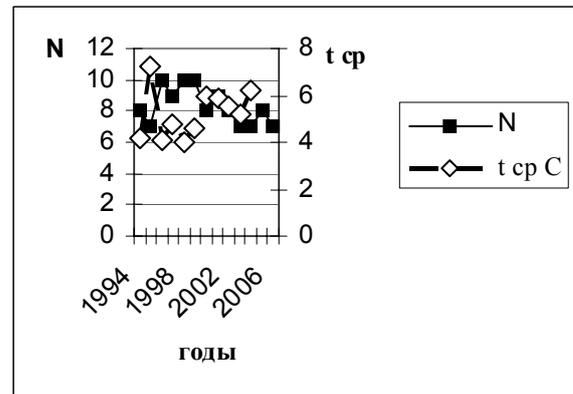


Рис. 3. Связь динамики количества видов в рассматриваемом сообществе со средней температурой

Проведенный анализ не выявил выраженной взаимосвязи между показателями видовой структуры и погодными условиями. Следует подчеркнуть, что этот вывод, как указывалось выше, справедлив лишь для анализируемого 10-летнего периода и может быть пересмотрен в результате анализа более длинных временных рядов. Определенный интерес представляет сравнение полученных данных с результатами аналогичных исследований проведенных в 1994-2006 гг. в ГПБЗ «Керженский», в 1994-2004 гг. в ГПЗ «Большая Кокшага» и в 1986-2005 гг. в ГПЗ «Костамукшский».

Сравнительная оценка биоразнообразия ГПЗ «Жигулевский», ГПЗ «Большая Кокшага», ГПБЗ «Керженский» и ГПЗ «Костамукшский». Для комплексной оценки состояния биотического сообщества заповедника «Жигулевский» в период наблюдений с 1994 по 2006 гг. были получены обобщенные функции желательности (D), которые рассчитывались по показателям видовой структуры сообщества млекопитающих (табл. 9, рис. 4, 5). Построение обобщенных функций желательности является удобным инструментом не только визуализации интегральных оценок объекта и динамики их изменений, но и дает возможность выяснить и верифицировать их причины. Так, обращение к рис. 4 показывает, что значение обобщенной функции желательности уменьшалось в 1996 и 2004 гг.

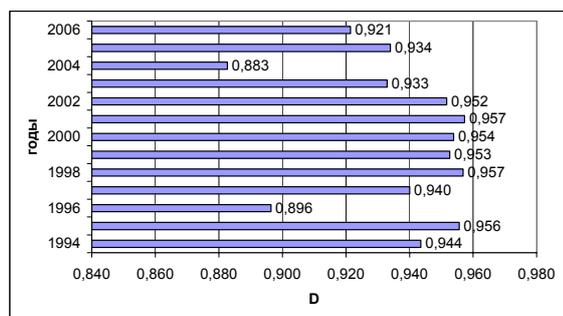


Рис. 4. Обобщенная функция желательности состояния анализируемого сообщества заповедника «Жигулевский», рассчитанная по экологическим индексам за тринадцатилетний период наблюдений

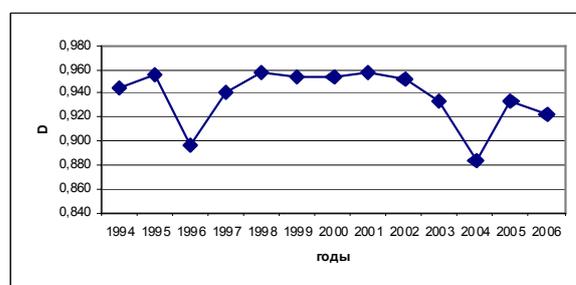


Рис. 5. Динамика обобщенной функции желательности сообщества заповедника «Жигулевский», 1994-2006 г.

Таблица 9. Частные и обобщенные функции желательности показателей видового разнообразия анализируемого сообщества заповедника «Жигулевский», 1994-2006 гг.

| Индекс | Вид показателя | Годы | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | |
| индекс видового разнообразия Шеннона | натур. значен | 2,679 | 2,438 | 1,936 | 2,297 | 2,588 | 2,650 | 2,450 | 2,568 | 2,568 | 2,014 | 1,602 | 1,985 | 1,835 | |
| | di | 0,998 | 1,000 | 0,968 | 0,996 | 0,999 | 0,998 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,977 | 0,908 | 0,974 | 0,954 | |
| индекс выравненности Пиелу | натур. значен | 0,893 | 0,869 | 0,583 | 0,725 | 0,779 | 0,798 | 0,817 | 0,802 | 0,856 | 0,717 | 0,570 | 0,662 | 0,654 | |
| | di | 0,970 | 0,976 | 0,984 | 0,999 | 0,994 | 0,991 | 0,988 | 0,990 | 0,980 | 1,000 | 0,980 | 0,999 | 0,998 | |
| индекс доминирования Симпсона | натур. значен | 0,172 | 0,213 | 0,397 | 0,271 | 0,238 | 0,198 | 0,214 | 0,225 | 0,197 | 0,348 | 0,471 | 0,303 | 0,352 | |
| | di | 0,988 | 0,998 | 0,806 | 0,957 | 0,986 | 1,000 | 0,998 | 0,994 | 1,000 | 0,866 | 0,722 | 0,921 | 0,861 | |
| индекс Животовского (среднее число видов), m | натур. значен | 5,543 | 6,044 | 4,493 | 4,958 | 6,148 | 6,528 | 5,658 | 6,415 | 6,029 | 5,167 | 4,243 | 4,835 | 4,629 | |
| | di | 0,979 | 0,993 | 0,919 | 0,952 | 0,995 | 0,999 | 0,983 | 0,998 | 0,993 | 0,963 | 0,898 | 0,944 | 0,930 | |
| показатель доли редких видов Животовского, h | натур. значен | 1,443 | 1,158 | 2,023 | 1,815 | 1,627 | 1,532 | 1,414 | 1,403 | 1,327 | 1,355 | 1,650 | 1,655 | 1,512 | |
| | di | 0,697 | 0,806 | 0,534 | 0,585 | 0,638 | 0,667 | 0,707 | 0,711 | 0,739 | 0,729 | 0,631 | 0,629 | 0,674 | |
| индекс выравненности Симпсона | натур. значен | 0,725 | 0,671 | 0,252 | 0,410 | 0,421 | 0,506 | 0,585 | 0,494 | 0,636 | 0,410 | 0,303 | 0,413 | 0,406 | |
| | di | 0,862 | 0,895 | 0,887 | 1,000 | 1,000 | 0,981 | 0,944 | 0,985 | 0,915 | 1,000 | 0,952 | 1,000 | 1,000 | |
| индекс видового разнообразия Симпсона | натур. значен | 5,797 | 4,695 | 2,516 | 3,686 | 4,206 | 5,063 | 4,677 | 4,449 | 5,085 | 2,873 | 2,123 | 3,300 | 2,844 | |
| | di | 0,988 | 0,998 | 0,805 | 0,957 | 0,986 | 1,000 | 0,998 | 0,994 | 1,000 | 0,866 | 0,722 | 0,921 | 0,862 | |
| число видов | натур. значен | 8 | 7 | 10 | 9 | 10 | 10 | 8 | 9 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | |
| | di | 0,893 | 0,835 | 0,967 | 0,936 | 0,967 | 0,967 | 0,893 | 0,936 | 0,893 | 0,835 | 0,835 | 0,893 | 0,835 | |
| индекс видового богатства Маргалефа | натур. значен | 1,648 | 1,563 | 1,652 | 1,746 | 1,867 | 2,730 | 2,013 | 2,502 | 2,392 | 1,450 | 1,326 | 2,050 | 1,295 | |
| | di | 1,000 | 0,997 | 1,000 | 0,999 | 0,994 | 0,892 | 0,984 | 0,925 | 0,940 | 0,989 | 0,973 | 0,980 | 0,967 | |
| обобщенная функция желательности, D | | 0,944 | 0,956 | 0,896 | 0,940 | 0,957 | 0,953 | 0,954 | 0,957 | 0,952 | 0,933 | 0,883 | 0,934 | 0,921 | |

В свою очередь, анализ табл. 9 показывает, что этот факт обусловлен уменьшением значений индексов видового разнообразия и доминирования Симпсона, а так же уменьшением значения показателя редких видов Животовского, принимавшими наименьшие значения за период наблюдения. Аналогичный анализ, проведенный и по

другим годам наблюдения, показывает, что, напротив, максимальное значение обобщенная функция желательности принимала в 1998 и 2001 гг. Действительно, как следует из табл. 9, именно в эти годы в анализе видовой структуры сообщества крупных млекопитающих, практически все показатели видового разнообразия имели наивысшие

значения за анализируемый период. Принимая во внимание, что ранее нами (Гелашвили, Иванова, 2006) проводился аналогичный анализ данных за 1994-2006 гг. для ГПЗ «Керженский», за 1994-2004 гг. для ГПЗ «Большая Кокшага» (Гелашвили, Иванова, 2007) и за 1987-2005 гг. для ГПЗ

«Костамукшский», представляло определенный интерес сопоставить полученные результаты. Расчет обобщенной функции желательности проводился по показателям видовой структуры сообщества крупных млекопитающих (рис. 6).

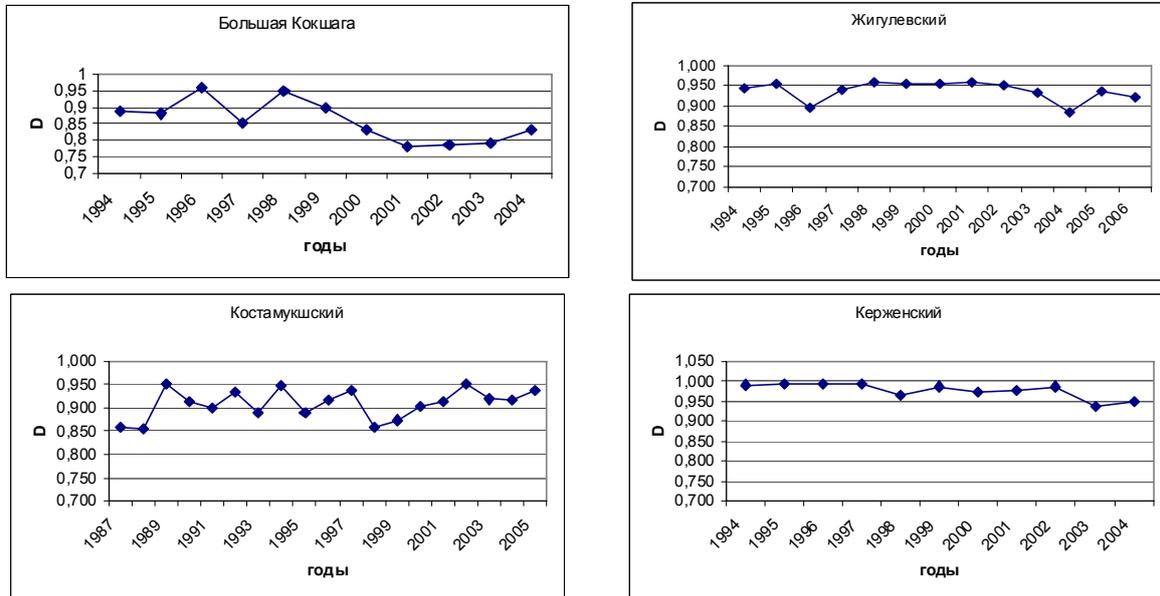


Рис. 6. Динамика обобщенной функции желательности (D), рассчитанной по показателям видовой структуры в исследуемых заповедниках

Сопоставление данных по оценке биоразнообразия и погодным условиям за период 1994-2004 гг., полученных по одинаковым алгоритмам вычислений и программам наблюдений в заповедниках «Керженский», «Большая Кокшага», «Жигулевский» и «Костамукшский» показывает следующее. В ГПЗ «Керженский» установлены статистически значимые межгодовые различия по критерию Фридмана по стандартному набору показателей погоды. В то же время, межгодовые различия по набору биоэкологических индексов, рассчитанных для сообщества крупных млекопитающих, а также объединенного сообщества крупных млекопитающих и птиц отряда *Galliformes*, оцененные по критерию Фридмана, были статистически незначимы (Гелашвили, Иванова, 2006). Кроме того, в последнем случае имели место существенно меньшие значения дисперсии индексов Шеннона и Пиелу. Этот факт позволил заключить, что более сложное и высокоорганизованное сообщество обладает и более высокой стабильностью, обеспечивающей гомеостатирование сообщества в изменяющихся (но не экстремальных) погодных условиях среды.

Напротив, в ГПЗ «Большая Кокшага» и ГПЗ «Жигулевский» на фоне статистически

незначимых межгодовых различий в показателях погоды наблюдаются статистически значимые межгодовые различия в видовой структуре сообщества крупных млекопитающих, оцениваемых по одним и тем же набор индексов. В ГПЗ «Костамукшский» характеризуется отсутствием статистически значимых межгодовых различий в метеоклиматических показателях. В тоже время наблюдаются статистически значимые межгодовые различия в видовой структуре сообщества крупных млекопитающих. При рассмотрении объединенного сообщества млекопитающих и птиц отряда *Galiformes* статистически значимых межгодовых различий выявлено не было, что свидетельствует, что более полночленное сообщество, включающее не только крупных млекопитающих, но и птиц, более стабильно во времени, подвержено меньшим флуктуациям и, следовательно, менее зависимо от абиотических факторов. Сравнение природно-климатических условий обоих заповедников (табл. 10) показывает, что наряду с элементами общности, наблюдаются некоторые различия. Заповедники «Керженский», «Жигулевский» и «Большая Кокшага» расположены в зоне смешанных лесов. Климат в районе заповедников «Керженский» и «Большая Кокшага» умеренно-континентальный, характеризующийся

морозной зимой и умеренно-жарким летом. Климат в заповеднике «Большая Кокшага» более резко-континентальный с жарким летом и морозной зимой. Норма годовой суммы осадков в этих заповедниках составляет около 550 мм. ГПЗ «Костамукшский»

расположен в зоне северной тайги. Климат характеризуется долгой мягкой зимой и коротким прохладным летом. Продолжительность безморозного периода 85-90 дней. Среднегодовое количество осадков около 500 мм.

Таблица 10. Сравнительная характеристика природно-климатических условий исследуемых заповедников

| Географическое расположение | Климатические условия | Флора/ фауна |
|--|--|---|
| Государственный природный биосферный заповедник "Керженский" Дата создания 23 апреля 1993 г. Общая площадь заповедника составляет 46 788,92 га (2 участка земель особо охраняемых природных территорий размером 37 103 и 9 683 га и участок земель населенных пунктов площадью 2,92 га). | | |
| Природная зона: смешанные леса южная тайга Заповедник расположен в бассейне среднего течения р. Керженец (приток Волги), в Борском и Семеновском районах Нижегородской области, на холмистой равнине окраины Вятских увалов. | Территория заповедника расположена в зоне умеренно континентального климата. Средние температуры января -12 град. С, июля +19 град. С. За год выпадает около 550 мм осадков (две трети в виде дождя). С сентября по май преобладают южные и юго-западные ветры, а в летние месяцы – северо-западные. Среднегодовая скорость ветров – 3-4 м/сек. Вегетационный период составляет 165-175 дней. | Число зарегистрированных видов: водоросли – 199, лишайники – 205, мхи – 160, высшие растения – 406, рыбы – 18 земноводные – 6, пресмыкающиеся – 6, птицы – 144, млекопитающие – 45 |
| "Жигулевский государственный природный заповедник имени И.И. Спрыгина" Заповедник известен с 1927 г. Площадь 23 157 га Количество кластеров – 2 | | |
| Природная зона: лесостепь смешанные леса. Заповедник расположен на Самарской Луке - полуострове, образованном глубоким изгибом Волги в ее среднем течении, на отрезке от села Усолье до до г. Сызрани, на территории Ставропольского района Самарской области. На юге граничит с национальным парком "Самарская Лука". | Климат в районе заповедника континентальный с жарким летом и морозной зимой. Наиболее холодный месяц - январь (-10,7 град. С). Наиболее теплый месяц - июль (20,0 град.С). Средняя годовая температура - +5,0 град. С. Абсолютный максимум температуры воздуха за последние 20 лет составил +41 град. С, а абсолютный минимум - -44 град. С. Норма годовой суммы осадков за последние 20 лет составила 566 мм, в отдельные годы она колебалась от 395 мм до 812 мм. | Число зарегистрированных видов: грибы – 300, лишайники – 138, мхи – 127, покрытосеменные – 972, беспозвоночные – 6148, рыбы – 50, земноводные – 5, пресмыкающиеся – 7, птицы – 226, млекопитающие – 48. |
| Государственный природный заповедник «Костомукшский» Дата создания – 14.12.1983 г. Площадь – 47757 га. Количество кластеров – 1. | | |
| Природная зона: северная тайга. | Климат характеризуется долгой мягкой зимой и коротким и прохладным летом. Для осени очень типичны большая облачность и избыточное увлажнение. Продолжительность безморозного периода 85-90 дней. Среднее годовое количество осадков около 500 мм. Максимальное количество осадков выпадает летом. Зимой обычно стоит мягкая погода. Резкие похолодания (до - 30 град. С и ниже), связаны с наступлением арктического антициклона, редко бывают продолжительными. | грибы – 106, лишайники – 140, мхи – 105, плауновидные – 8, папоротниковидные – 11, хвощевидные – 6, голосеменные – 3, покрытосеменные – 318, рыбы – 16, земноводные – 3, пресмыкающиеся – 1, птицы – 137, млекопитающие – 37. |
| Природная зона: хвойно-широколиственные леса. Заповедник расположен на территории двух административных районов Республики Марий Эл – Килемарского и Медведевского, в 40 км к западу от Йошкар-Олы. | Заповедник расположен в умеренном климатическом поясе атлантико-континентальной области. Климат умеренно-континентальный, характеризующийся морозной зимой и умеренно-жарким летом. Приход солнечной радиации составляет около 90 ккал/кв. см. На территории заповедника в течение всего года преобладает пасмурная погода. Особенно много дней без солнца отмечается в зимние и осенние месяцы. В целом за год их число составляет в среднем 105 дней. Солнце светит в течение года в среднем 1806 часов. | Число зарегистрированных видов: грибы – 343, лишайники – 260, мхи – 178, плауновидные – 4, папоротниковидные – 12, голосеменные – 4, покрытосеменные – 670, круглоротые – 1, рыбы – 29, земноводные – 9, пресмыкающиеся – 6, птицы – 170, млекопитающие – 46. |

Для того чтобы определить, существуют ли различия между заповедниками по показателям температуры воздуха за период 1994-2004 гг., был проведен однофакторный дисперсионный анализ (табл. 11, 12). Проведенный анализ показал, что между исследуемыми заповедниками существуют статистически значимые различия как по средней максимальной, так и по средней минимальной температуре. Для получения дополнительных характеристик погодных условиях на сравниваемых территориях был проведен анализ временных рядов температуры

воздуха за период с 1964 по 2004 гг. с помощью показателя Херста, основанного на фрактальной идеологии. Предполагается, что временной ряд на некотором интервале масштабов самоподобен (фрактален) и, как следствие, процессы, идущие в настоящий момент, определялись предыдущими состояниями. Причём не только непосредственно предшествующими (как в марковских цепях), а процессами, происходившими достаточно давно относительно настоящего момента.

Таблица 11. Исходные данные для однофакторного дисперсионного анализа

| Температура | Местообитание | | | |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|
| | ГПБЗ «Керженский» | ГПЗ «Большая Кокша- га» | ГПЗ «Жигулевский» | ГПЗ «Костамукшский» |
| средняя макси- мальная | 11,2 - 12,1 ⁰ С | 7,0 - 8,9 ⁰ С | 9,3 - 11,2 | 8,1 - 14,8 |
| средняя мини- мальная | 1,9 - 3,4 ⁰ С | -1,7 - 0,4 ⁰ С | -0,2 - 1,9 | -5,2 - -4,4 |

Таблица 12. Результаты однофакторного дисперсионного анализа

| Показатель | F | Уровень значимости (p) |
|---------------------------------------|--------|------------------------|
| температура средняя макси- мальная | 14,544 | < 0,001 |
| температура средняя минималь- ная | 32,998 | < 0,001 |

Методов исследования фрактальных временных рядов существует достаточно много (Eke et al., 1999; Delignieres et al., 2006). Мы использовали метод нормированного размаха (R/S - метод) (Федер, 1991). В его основе лежит анализ размаха параметра (наибольшего и наименьшего значения на изучаемом отрезке) и среднеквадратичного отклонения. Кратко опишем процедуру анализа временного ряда с помощью R/S – метода. Ряд $x(t)$ разделяется на набор неперекрывающихся отрезков длиной τ . Для каждой длины отрезка считается функция $X(t, \tau)$

$$X(t, \tau) = \sum_{k=1}^{\tau} [x(k) - \bar{x}] \quad (3)$$

где \bar{x} - среднее значение для каждого интервала. Далее рассчитывается размах R, как разница между максимальным и минимальным значением $X(t, n)$ для каждой длины отрезка

$$R = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) \quad (4)$$

Полученный размах R делится на стандартное отклонение S для значений $x(t)$ каждой длины отрезка. Полученный набор величин R/S усредняется по каждому ансамблю τ . Получаем функцию $\overline{R/S}(\tau)$.

Изучая динамику разливов Нила, Хёрст (Hurst, 1965) экспериментально показал, что нормированный размах R/S является степенной функцией масштаба разбиения τ :

$$\overline{R/S} \propto \tau^H, \quad (5)$$

где H—показатель Хёрста.

Впоследствии оказалось, что многие другие природные явления хорошо описы-

ваются этим законом. Оказывается, временные последовательности измерений таких величин, как температура, сток рек, количество осадков, толщина колец деревьев или высота морских волн можно исследовать методом нормированного размаха или методом Хёрста. Временные последовательности, для которых $H > 0,5$, относятся к классу персистентных – сохраняющих имеющуюся тенденцию. Если приращения были положительными в течение некоторого времени в прошлом, то есть происходило увеличение, то и впредь в среднем будет происходить увеличение. Таким образом, для процесса с $H > 0,5$ тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем. И наоборот, тенденция к уменьшению в прошлом означает, в среднем, продолжение уменьшения в будущем. Чем больше H, тем сильнее тенденция. При $H = 0,5$ никакой выраженной тенденции процесса не выявлено и нет оснований считать, что она появится в будущем. Случай $H < 0,5$ характеризуется антиперсистентностью – рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает вероятным увеличение в будущем. И чем меньше H, тем больше эта вероятность. В таких процессах после возрастания переменной обычно происходит её уменьшение, а после уменьшения – возрастание. Одним из преимуществ метода размаха является малая чувствительность к длине ряда, что позволяет определять показатель H даже для коротких рядов.

Проведенный анализ показал, что временная динамика среднегодовых температур в Нижнем Новгороде и Йошкар-Оле характеризуется слабой персистентностью ($H = 0,51$) с градиентом увеличения среднегодовой температуры 0,02°С/год. Напротив, в Самаре временная динамика этого показателя характеризуется ярко выраженной антиперси-

стентностью с градиентом увеличения среднегодовой температуры $0,04^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Тенденции изменения зимних температур (повышение среднеянварских температур) более устойчивы в Самаре ($H=0,86$) с градиентом $0,02^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Летние температуры в Нижнем Новгороде и Йошкар-Оле характеризуются антиперсистентностью и на анализируемом интервале времени в Йошкар-Оле они более

устойчивы. Отметим, на анализируемом 40-летнем интервале в районах Йошкар-Олы и Н.Новгорода наблюдается повышение летних температур на $0,033^{\circ}\text{C}/\text{год}$ и $0,029^{\circ}\text{C}/\text{год}$, соответственно. Летние температуры в Самаре характеризуются ярко выраженной персистентностью ($0,86$) с градиентом $0,01^{\circ}\text{C}/\text{год}$.

Таблица 13. Показатель Херста для температуры воздуха по данным метеостанций Н.Новгород, Йошкар-Ола и Самара за период с 1936 по 2004 гг.

| Метеостанция | Показатель Херста для температуры воздуха | | |
|-----------------|---|-----------------|----------------|
| | Среднегодовой | Среднеянварской | Среднеиюльской |
| Нижний Новгород | 0,51 | 0,59 | 0,46 |
| Йошкар-Ола | 0,51 | 0,62 | 0,48 |
| Самара | 0,33 | 0,86 | 0,86 |

Выводы.

Проблема связи биоразнообразия и метеоклиматических факторов представляется отнюдь не однозначной, особенно в контексте острой дискуссии о глобальном потеплении и его возможных последствиях. Начиная с середины 50-х годов XX века и до последних лет, происходит постепенное повышение средней годовой температуры. Так, например, за последнее аномально теплое десятилетие конца XX века средняя температура воздуха повысилась в южных и центральных районах Нижегородской области на $0,6^{\circ}\text{C}$, а в северных районах на $0,4^{\circ}\text{C}$. Однако категоричного вывода о глобальном потеплении многие специалисты не делают. Еще более сложным является вопрос об изменении биоты. Действительно, если вековые наблюдения за метеоклиматическими факторами не позволяют придти к однозначному выводу, то, что можно говорить на основе 10-летних временных рядов. Тем не менее, именно недостаточность и фрагментарность данных об изменении параметров биоты остро ставит вопрос о безотлагательной необходимости проведения систематических наблюдений и исследований по выявлению связи биоразнообразия и метеоклиматических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бигон, М. Экология: Особи, популяции, сообщества: В 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд // М.: Мир. – 1989. – Т. 2. – 477 с.
2. Боровиков, В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
3. Гланц, С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. – 459 с.

4. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М. Медиа Сфера, 2003. – 312 с.
5. Носов, В.Н. Построение функции желательности при анализе данных экологического мониторинга / В.Н. Носов, Н.Г. Булгаков, В.Н. Максимов // Изв. РАН. Серия Биология. – 1997. – №1. – С. 69-74.
6. Гелаишвили, Д.Б. Связь биоразнообразия заповедника «Керженский» с погодными условиями 1993-2006 годов / Д.Б. Гелаишвили, И.О. Иванова // Труды ГПБЗ «Керженский». – Нижний Новгород. – 2006. – Т. 3. – С. 58-76.
7. Гелаишвили, Д.Б. Связь биоразнообразия заповедника с погодными условиями в 1994-2005 гг. / Д.Б. Гелаишвили, И.О. Иванова, Л.А. Солнцев // Научные труды ГПЗ «Большая Кокшага». Вып.2.- Йошкар-Ола:Марийский государственный технический университет, 2007. – С.111-134.
8. Одум, Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. – 740 с.
9. Шаймарданов, М.З. Метеорологическая уязвимость и метеорологические риски воздействия экстремальных явлений погоды на экономику Нижегородской области // Экологический ежемесячник. – 2006. – №9 (144). – С. 20-32.
10. Терентьев, А.А. Климат конца XX века в средней полосе Нижегородской области / А.А. Терентьев, В.И. Колкутин // Нижний Новгород, 2004. – 373 с.
11. Didier Delignieres et al. Fractal analyses for “short” time series: A re-assessment of classical methods. Journal of Mathematical Psychology. – 2006 (50). – P. 525-544.
12. Eke, A. Fractal analysis of physiological time series / A. Eke, P. Herman, J.B. Bassingthwaighe et al. // Eur J. Physiol. – 2000. – P. 403-415.
13. Hurst, H.E. Long-term storage: An experimental study. London: Constable. – 1965.

14. Коломыц, Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М.: Наука, 2008. – 427 с.
15. Коломыц, Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды. М.: Наука, 2003. – 371 с.
16. Коломыц, Э.Г. Бореальный экотон и географическая зональность: Атлас-монография. М.: Наука, 2005. – 390 с.

SPECIFIC STRUCTURE OF LARGE MAMMALS COMMUNITIES IN SAMARSKAYA LUKA IN CONNECTION WITH THE PROBLEM OF CLIMATE FLUCTUATION

© 2009 D.B. Gelashvili¹, G.S. Rozenberg², S.V. Saxonov²,
I.O. Ivanova¹, V.P. Vehnik³

¹ Nizhniy Novgorod State University after N.I. Lobachevsky,
Nizhni Novgorod

² Institute of Ecology of Volga River Basin RAS, Togliatti

³ Zhigulevsk state natural reserve, Zhigulevsk

It is shown, that the problem of connection the biodiversity and meteoclimate factors is represented completely not unequivocal, especially in a context of sharp discussion about global warming and its possible consequences. Insufficiency and fragmentariness of data about changes of biota parameters sharply brings an attention to the question on urgent necessity of carrying out the regular observation and researches on revealing connection of a biodiversity and meteoclimate factors.

Keywords: climate fluctuation, a biodiversity.

David Gelashvili, Doctor of Biology, Professor, Head of the Ecology Department. E-mail: ecology@bio.unn.ru

Gennadiy Rozenberg, Corresponding Member of RAS, Doctor of Biology, Professor, Director. E-mail: genarozenberg@yandex.ru

Sergey Saxonov, Doctor of Biology, Professor. E-mail: sv saxonoff@yanex.ru

Irina Ivanova, Graduate Student. E-mail: ecology@bio.unn.ru

Vladimir Vehnik, Senior Research Fellow. E-mail: vekhnik@mail.ru.