

УДК 574.34:599.735.3

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И ПОЛОВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ЛОСЯ (*Alces alces L.*) В РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ДАННЫХ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА

© 2009 В.Г. Петросян, Н.Н. Дергунова, С.А. Бессонов, К.А. Назарова, А.В. Омельченко

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва; e-mail: petrosyan@sevin.ru

Представлены результаты сравнительного анализа динамики численности, половозрастной структуры и плотности лося в России (1961-2005 гг.) и Финляндии (1975-2005 гг.) с использованием разработанной имитационной модели и данных многолетнего мониторинга. Показано, что современные низкие показатели численности лося в России в значительной степени связаны с влиянием естественных (увеличение численности хищников – волка) и антропогенных (браконьерство) факторов.

Ключевые слова: динамика численности, половозрастная структура, имитационная модель, база данных, популяция лося.

ВВЕДЕНИЕ

За последние 20 лет наблюдается значительное снижение численности лося как в отдельных регионах, так и в целом по России. Численность этого вида в России составляет 605 тысяч особей. По данным учета 2007 г. В скандинавских странах на меньшей в 11 раз территории обитает 550-600 тыс. лосей [1, 2]. Ежегодная добыча вида в Феноскандии (Финляндия, Норвегия, Швеция) и России составляет 200-250 тыс. и 15-21 тыс. соответственно [2, 6-10]. Известно, что официальные данные по численности и добыче лося в странах Феноскандии, в частности в Финляндии, вполне надежные: случаев браконьерства в Финляндии практически нет, охотники, объединенные в общины, предоставляют объективные данные [6, 7]. С 1970 г. за состоянием популяции в Финляндии (особенно за плотностью и структурой населения) ведется постоянное наблюдение. Это обстоятельство позволяет утверждать, что модельное исследование финской популяции лося в сравнении с российской позволит выявить некоторые общие факторы, оказывающие влияния на динамику численности лося в России.

Цель работы – создание имитационной модели для выявления факторов, определяющих современную динамику численности и половозрастную структуру лося в России. В работе также подразумевается решение практической задачи – проведение сравнительного анализа динамики численности и параметров половозрастной структуры лося в России и Финляндии для определения оптимальных параметров рациональной эксплуатации ресурсов лося в России.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработана имитационная модель, которая предназначена для анализа динамики численности животных с учетом функциональных факторов (параметров плодовитости, жизнеспособности, смертности, официального отстрела, истребления хищниками и браконьерами, емкости угодий, доступности корма и др.), влияющих на текущее состояние и динамику численности популяции. В модели рассматривается 18 возрастных групп особей двух полов. Каждая возрастная группа отличается от предыдущей группы на один год. Переменные, характеризующие численность лосей в каждой из этих групп, формируют вектор состояния системы (популяции):

$$X = (X_{1,1}, X_{1,2}, X_{2,1}, X_{2,2}, \dots, X_{18,1}, X_{18,2}),$$

где $X_{i,1}$ и $X_{i,2}$ – численность самцов и самок соответственно в i -й возрастной группе. В начальный момент времени моделирования ($t = 0$) половозрастная структура определяется на основе литературных данных [11-23]. В модели предусмотрены возможности выбора параметров половозрастной структуры популяции по усмотрению пользователя (или на основе данных учетов при их наличии) в начальный момент $t = 0$. Далее определяется численность особей в последующий момент времени $t + 1$. В модели учитываются следующие параметры: репродуктивный статус особей в зависимости от возраста; параметры, указывающие доли стельных самок в популяции; количество эмбрионов на самку в зависимости от возраста; коэффициенты, характеризующие жизнеспособность особей в зависимости от их возраста; параметры лицензионного отстрела с

учетом половой и возрастной структуры; влияние хищников (волка, медведя и др.) дифференцировано для различных возрастных групп; параметры, учитывающие неофициальный отстрел животных и естественную смертность и др.

Рекуррентное соотношение, позволяющее определить количество особей для возрастных групп, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} X_{1,1}^{t+1} &= \beta \cdot (N_1 \xi_1 p \chi_1 + N_2 \xi_2 p \chi_2 + N_3 \xi_3 p \chi_3); \\ X_{1,2}^{t+1} &= \beta \cdot (N_1 \xi_1 (1-p) \chi_1 + N_2 \xi_2 (1-p) \chi_2 + N_3 \xi_3 (1-p) \chi_3); \\ X_{2,1}^{t+1} &= X_{1,1}^t \alpha_{1,1} - X_{1,1}^t \gamma_{1,1} - X_{1,1}^t \Delta_{1,1}; \\ X_{2,2}^{t+1} &= X_{1,2}^t \alpha_{1,2} - X_{1,2}^t \gamma_{1,2} - X_{1,2}^t \Delta_{1,2}; \\ X_{3,1}^{t+1} &= X_{2,1}^t \alpha_{2,1} - X_{2,1}^t \gamma_{2,1} - X_{2,1}^t \omega_{2,1} - X_{2,1}^t \Delta_{2,1}; \\ X_{3,2}^{t+1} &= X_{2,2}^t \alpha_{2,2} - X_{2,2}^t \gamma_{2,2} - X_{2,2}^t \omega_{2,2} - X_{2,2}^t \Delta_{2,2}; \\ X_{4,1}^{t+1} &= X_{3,1}^t \alpha_{3,1} - X_{3,1}^t \gamma_{3,1} - X_{3,1}^t \omega_{3,1} - X_{3,1}^t \Delta_{3,1}; \\ X_{4,2}^{t+1} &= X_{3,2}^t \alpha_{3,2} - X_{3,2}^t \gamma_{3,2} - X_{3,2}^t \omega_{3,2} - X_{3,2}^t \Delta_{3,2}; \\ &\dots\dots\dots \\ X_{18,1}^{t+1} &= X_{17,1}^t \alpha_{17,1} - X_{17,1}^t \gamma_{17,1} - X_{17,1}^t \omega_{17,1} - X_{17,1}^t \Delta_{17,1}; \\ X_{18,2}^{t+1} &= X_{17,2}^t \alpha_{17,2} - X_{17,2}^t \gamma_{17,2} - X_{17,2}^t \omega_{17,2} - X_{17,2}^t \Delta_{18,2}; \\ N_1 &= \min(S_1, S_{\min} \cdot a); N_2 = \min(S_2, S_{\min} \cdot b); N_3 = \min(S_3, S_{\min} \cdot c); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \min\left(\sum_{i=4}^{18} X_{i,1}^t, \sum_{i=4}^{18} X_{i,2}^t\right); \\ S_1 &= \sum_{i=3}^8 X_{i,2}^t; \quad S_2 = \sum_{i=9}^{12} X_{i,2}^t; \quad S_3 = \sum_{i=13}^{18} X_{i,2}^t; \\ a &= \frac{S_1}{S_1 + S_2 + S_3}; \quad b = \frac{S_2}{S_1 + S_2 + S_3}; \quad c = \frac{S_3}{S_1 + S_2 + S_3}; \end{aligned}$$

где $a_{i,j}$ - коэффициент выживаемости, т.е. перехода особей из одной возрастной группы в другую с учетом естественной смертности ($i = 1, 2 \dots 18; j = 1, 2$). На основе литературных данных установлено, что значения $a_{i,j}$ ($a_{i,1} = a_{i,2}$) могут быть представлены с помощью зависимостей $\alpha_i = 1 \cdot 10^{-5} i^3 - 0.0022 i^2 + 0.0262 i + 0.9171$. Коэффициент $\beta = \beta(N, S, t)$ - показатель плодовитости животных, который определяется в зависимости от N, S, t ; где N - общая численность животных в момент времени t , S - площадь обитания животных, га. В модели β определяется из следующе-

го условия:
$$\frac{1000 * \sum_{i=1}^{18} \sum_{j=1}^2 X_{i,j}^t}{S} \leq \rho_{omn};$$
 т.е. если в момент времени t выполняется это неравенство, то величина β будет изменяться во времени согласно следующим значениям: $\beta_{t+1} = 0,8; \beta_{t+2} = 0,5; \beta_{t+3} = 0,4; \beta_{t+4} = 0,8$ (где ρ_{omn} - допустимая плотность животных, экз. на 1000 га). Это условие обеспечивает ограничение плотности животных при значительном росте их численности на данной территории. Переменная γ_{ij} - коэффициент жизнеспособности особей в зависимости от плотности животных и возрастной группы ($i = 1, 2 \dots 18; j = 1, 2$), которая определяется с помощью соотношения
$$\gamma_i = 7 \cdot 10^{-6} i^4 - 0,0002 i^3 + 0,0031 i^2 - 0,0226 i + 0,0598;$$

$\omega_{i,j}$ - переменная, характеризующая неофициальное изъятие животных ($i = 3, 4 \dots 18; j = 1, 2$); $\Delta_{i,j}$ - переменные, характеризующие изъятия животных хищниками ($i = 2, 3, 4 \dots 18; j = 1, 2$), p - половое соотношение новорожденных особей; ξ_i - случайная величина, определяющая количество эмбрионов на стельную самку ($i = 1 \dots 3$); χ_i - доля стельных самок ($i = 1 \dots 3$).

Численные эксперименты проводились с использованием созданной базы данных охотничье-промысловых видов России на основе многолетних данных мониторинга (1981-2005 гг.) [8-10]. База данных создавалась сотрудниками ИПЭЭ РАН и Центрохозконтроля России в 2003-2009 гг. Данные учета численности Финской популяции лося брались из литературных источников [7].

Количество генераций, необходимых для получения значения показателей половозрастной структуры популяций лося, определялось помощью методов, представленных в работе [24].

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

Один из важных этапов использования разработанной модели - верификация параметров модели и проверка адекватности полученных результатов. В связи с тем, что многие параметры модели априори не известны, поэтому для подбора наилучшего варианта реализаций динамики численности значения параметров брались из наперед заданного допустимого интервала. Полученные случайные реализации сравнивались с данными мониторинга численности животных на основе метода наименьших квадратов (МНК), т.е. подбирались такие параметры модели, которые приводили к динамике численности лося, близкой к данным мониторинга. После анализа случайных генераций и оценки параметров адекватности была выбрана модельная реализация с точностью 90-92%. Результаты оценок динамики численности и половозрастной структуры лося на основе имитационной модели представлены на рис. 1 и 2.

Оценки, полученные с помощью имитационной модели показывают, что доля новорожденных особей меняется в диапазоне от 24 до 34% при среднем значении 27,8%, сеголеток - 10-18% при среднем 12,42%, численность половозрелых особей в возрасте до 12 лет - от 30-56,6% при среднем значении 52,4% (см. рис. 2).

Из оценок следует, что одна из важных причин низкой численности лосей в России - незначительный годовой прирост животных. Для понимания роли этого показателя в динамике численности лося мы использовали имитационную модель для оценки динамики численности лося

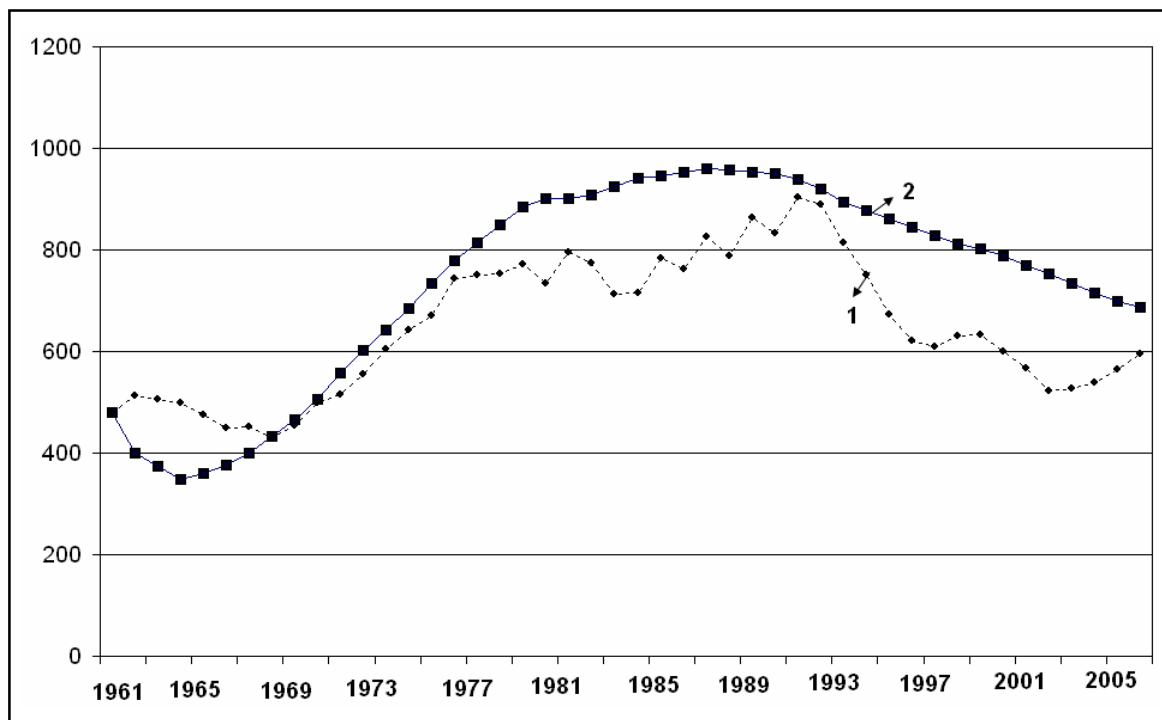


Рис. 1. Динамика численности лося в России: (1 - данные мониторинга, 2 - модельные оценки; по оси X - годы мониторинга, по оси Y - численность лосей в России, тысяч особей)

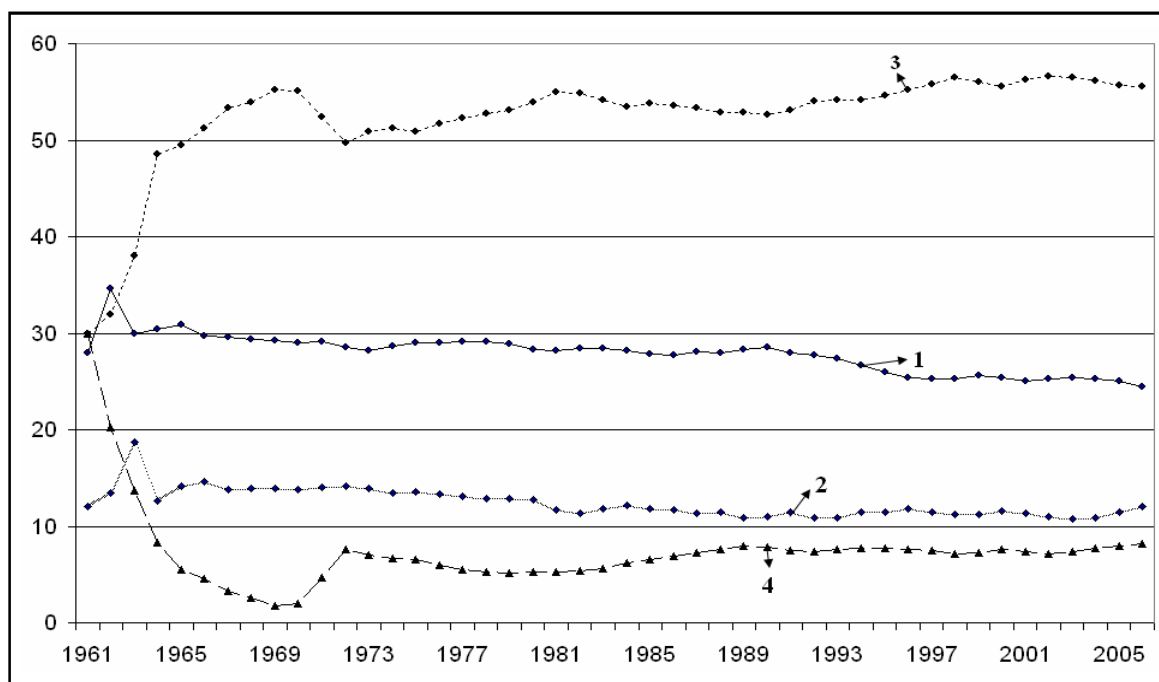


Рис. 2. Модельная оценка возрастной структуры лося в 1961-2005 гг.: (1 - новорожденные, 2 - сеголетки, 3 - взрослые до 12 лет, 4 - взрослые возраст у которых больше 12 лет; по оси X - годы, по оси Y - численность лосей для возрастных групп, тыс. особей)

в Финляндии на основе данных мониторинга в 1975-2005 гг. Полученные нами оценки показывают, что воспроизводство телят в финской популяции лося в 1975-2005 гг. изменялось в диапазоне 44-58%. Благодаря разумной методике по квотированию изъятия животных возрастная

структура популяции поддерживалась на уровне, способствующем наибольшей плодовитости самок. Данные мониторинга указывают, что в популяции преобладали самки с высоким потенциалом плодовитости. Годичный прирост составлял около 60 телят на 100 взрослых особей [7].

Причем в 1981-2005 гг. финны изымали 56-75% поголовья предыдущей осенней послепромысловой численности (42-74 тыс. особей), за исключением периода 1994-1997 гг. В эти годы они изымали 22-32 тыс. особей. Одна из важных особенностей управления популяцией лося в Финляндии состоит в высоком уровне добычи сеголеток в каждый год изучаемого периода, после которой численность восстанавливалась в течение одного сезона. В этот период доля сеголеток составляла 39-54%. Данные мониторинга показывают, что стабильный рост численности лося достигался в период увеличения доли сеголеток в добыче при общем ее объеме, не превышающем уровень воспроизводства вида. Следует отметить, что такой высокий уровень добычи сеголеток практикуется также в Швеции и Норвегии [2, 6, 7]. Из проведенного сравнительного анализа следует, что, по-видимому, охотники и браконьеры в России ежегодно отстреливают преимущественно взрослых особей, при этом не только снижают репродуктивный потенциал вида, но и создают благоприятные условия для давления хищников на сеголеток-сирот. Кроме этого, в Финляндии охотники отстреливают преимущественно самцов, сохраняя соотношение полов 1,6:1 (т.е. 1,6 коров на одного быка) при плотности животных не ниже 1-2 особей на 1000 га. Для российской популяции лося аналогичные параметры значительно ниже и составляют 0,4-0,6 особей на 1000 га.

Хотя проведенный анализ динамики численности и половозрастной структуры лося в России и Финляндии позволяет сделать предварительный вывод относительно некоторых факторов, оказывающих влияние на сокращение численности диких копытных животных в России, тем не менее, потребуются дополнительный сравнительный анализ обеспеченности животных доступными кормовыми ресурсами в двух странах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усредненные показатели воспроизводства телят в России 157 тысяч особей в год (модельная оценка) и легального отстрела 15-21 тыс. особей в год (официальные данные) свидетельствуют в пользу того, что современная динамика численности в значительной степени связана с влиянием естественных (увеличение численности хищников – волка) и антропогенных (браконьерство) факторов. Этот вывод дополнительно подтверждается данными мониторинга 1961-2005 гг. Известно, что в периоды максимальной численности лося в России (1991-1992 гг.) численность волка составляла порядка 22-24 тыс. особей. В последние годы с уменьшением чис-

ленности лося с 904 (1991 г.) до 565 (2006 г.) тыс. особей численность волка увеличилась примерно два раза и составляет 42-45 тыс. особей (данные 2006-2007 гг.). Для восстановления численности лося в России необходимо вводить дифференцированные лицензии на отстрел сеголетков и взрослых особей, преимущественно самцов. Причем, исходя из Финского опыта управления популяциями лося, рекомендуется соотношение полов 1,6:1 (т.е. 1,6 коров на одного быка) при плотности животных не ниже 1-2 особей на 1000 га. Это будет способствовать нормализации половозрастной структуры популяции и упорядочит отстрел. Нормирование добычи копытных должно выполняться с учетом параметров воспроизводства вида, плотности и половозрастной структуры животных, численности хищников и технологии изъятия в регионе. В целях сохранения основного воспроизводственного ядра копытных рекомендуется увеличить площади особо охраняемых природных территорий путем создания новых заповедников, заказников и других участков для воспроизводства лося.

В целом проведенный анализ показывает, что популяция лося в России находится в критическом состоянии. Если при сильной антропогенной и высокой техногенной нагрузке, при существующем уровне воспроизводства лося ситуация с динамикой численности будет развиваться в нынешнем направлении, то в предстоящие годы может произойти резкий спад численности животных.

Разработанная имитационная модель показала высокую эффективность для оценки демографических параметров популяции (выживаемости, смертности, плодовитости, прироста численности и др.) на основе данных мониторинга. Она может быть использована для определения демографических параметров других парнокопытных животных (косули, олени, кабана) с целью анализа их динамики численности. Имитационная модель и созданное программное обеспечение, реализующее модель, могут быть использованы для различных субъектов России с целью анализа динамики численности, на территории которых предполагается предоставление в пользование участков лесного фонда для организации и ведения охотничьих хозяйств различного направления.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования» (проект № П.11) и частично гранта РФФИ (№ 09-04-91331_a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилкин А.А. Дикие копытные в охотничьем хозяйстве (основы управления ресурсами). М. ГЕОС, 2006. 366 с.
2. Данилкин А.А. К проблеме цикличности в динамике численности диких копытных животных // Вест. охотоведения. 2007. Т. 4. № 1. С. 89-99.
3. Павлов А.В., Петросян В.Г., Бессонов С.А., Марин Ю.Ф. Комплексная модель системы управления ресурсами копытных – дендрофагов на основе данных наземных и дистанционных измерений. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. С. 183-191.
4. Петросян В.Г. Развитие методов оценки динамики обилия и оптимальной плотности крупных растительноядных млекопитающих // Мониторинг биоразнообразия. М.: Наука, 1997. С. 172-178.
5. Петросян В.Г., Павлов А.В., Бессонов С.А., Назаренко Е.А., Ильин И.Н. Комплекс информационных систем и баз данных по инвентаризации биологических ресурсов // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. С. 23-34.
6. Нюгрэн Т., Данилкин А.А., Кузякин В.А. Динамика численности и добычи лося в Финляндии. Вест. охотоведения. 2006. Т. 3. № 1. С. 81-84.
7. Нюгрэн Т., Песонен М., Тюккюлайнен Р., Валлен М., Руусила И. Причины высокой продуктивности лося в Финляндии // Вест. охотоведения. 2007. Т. 4, № 2. С. 148-160.
8. Состояние ресурсов охотничьих животных в Российской Федерации. М.: Изд-во ГУ Центрохотконтроль, 2000. Вып. 2. 131 с.
9. Состояние ресурсов охотничьих животных в Российской Федерации в 2000-2003 гг. М.: Изд-во ГУ Центрохотконтроль, 2004. Вып. 6. 213 с.
10. Состояние ресурсов охотничьих животных в Российской Федерации в 2003-2007 гг. М.: Изд-во ГУ Центрохотконтроль, 2007. Вып. 8. 162 с.
11. Вопросы современного охотоведения. Материалы междунар. науч.-практич. конференции. М.; 2002. 443 с.
12. Глушков В.М. Воспроизводство и продуктивность лося и их прогнозирование // Экология. 1987. № 6. С. 31-39.
13. Глушков В.М. Экологические основы управления популяциями лося // Вопросы современного охотоведения. М.; 2002. С. 115-119.
14. Копытные фауны СССР. М.: Наука, 1975. 352 с.
15. Копытные фауны СССР. М.: Наука, 1980. 393 с.
16. Недзельский Е.М. Экология, охрана и воспроизводство диких копытных животных в Предбайкалье. Автореф. дис. докт. биол. наук. М.; 2008. 48 с.
17. Русанов Я.С. Лес и копытные. М.: Лесн. пром., 1984. 129 с.
18. Русанов Я.С. Основы охотоведения. М.: Изд-во МГУ, 1986. 160 с.
19. Филонов К.П. Динамика численности копытных животных и заповедность. Охотоведение. М. Лесн. пром., 1977. 232 с.
20. Филонов К.П. Особенности численности лося в заповедниках европейской части РСФСР. Копытные фауны СССР. М.: Наука, 1980. С. 50-51.
21. Ericsson G. Demographic and life history consequences of harvest in a Swedish moose population. Doct. thesis. Acta Univers. Agriculturae Sueciae. Silvestria. 1999. P. 1-17.
22. Renecker L.A., Schwartz Ch.C. Food habits and feeding behaviour // Ecology and Management of the North American Moose. Washington: Smithsonian Institution Press. 1997. P. 403-440.
23. Renecker L.A., Hudson R.J. Seasonal foraging rates of freeranging moose. // Wildl. Manage. 1986. V. 50. P. 143-147.
24. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. 414 с.

EVALUATION OF NUMBER DYNAMICS AND SEX-AGE STRUCTURE OF MOOSE POPULATIONS (*ALCES ALCES* L.) IN RUSSIA WITH THE USE OF SIMULATION MODEL AND LONG-TERM MONITORING DATA

© 2009 V.G. Petrosyan, N.N. Dergunova, S.A. Bessonov, K.A. Nazarova, A.V. Omelchenko

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the RAS,
Moscow; e-mail: petrosyan@sevin.ru

The results of comparative analysis of the number dynamics, sex-age structure and density of moose populations in Russia (1961–2005) and Finland (1975–2005) are presented with the use of developed simulation model and long-term monitoring data. It is shown that the modern low indices of the moose number in Russia are to a great extent connected with an influence of natural (a raise of a predator number – a wolf) and anthropogenic (poaching) factors.

Key words: *number dynamics, sex-age structure, simulation model, database, moose population.*