

УДК 599.323.4

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОДАНЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЕННЕЙ
ЧИСЛЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS*)
И УЛОВИСТОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ БУРОЗУБКИ (*SOREX ARANEUS*)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕРЕЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Каштальян А. П.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема прогноза динамики численности мелких млекопитающих всегда занимала одно из центральных мест в экологических исследованиях этой группы животных. Наряду с существовавшими ранее качественными методами оценки ее изменения [1], в последние десятилетия появились работы, в которых для кратковременного прогноза численности отдельных видов применяются статистические методы [2, 3, 4, 5, 6, 7], основанные на построении регрессионных моделей с использованием погодноклиматических показателей. Не претендуя на объяснение причин, обеспечивающих регуляцию численности мелких млекопитающих, подобные модели зачастую с довольно высокой точностью способны предсказать не только смену фаз популяционного состояния вида, но и оценить его фактическую численность.

В настоящей статье нами, на основе данных 11-летних наблюдений за популяционной динамикой рыжей полевки и обыкновенной бурозубки на территории Березинского заповедника предпринята попытка составить прогнозные уравнения для описания движения численности этих видов в осенний период.

МЕТОДЫ

Работы по учету осенней численности рыжей полевки (ос./га) и уловистости обыкновенной бурозубки (особей на 1000 ловушко-суток; применявшийся метод учета не позволяет оперировать абсолютными данными по этому виду) проводились в рамках долговременных мониторинговых исследований динамики численности мелких млекопитающих на трех пробных площадях в лесных экосистемах Березинского заповедника. В качестве исходных стационаров взяты пойменная дубрава (стационар «Синичено»), участок смешанного леса в центре сплошного лесного массива (стационар «Савский Бор») и участок изолированного смешанного леса на минеральном острове среди болотного массива (стационар «Нивки»). Сроки проведения исследований — сентябрь–октябрь 1992–2002 гг. Отловы животных осуществлялись по стандартным методикам с использованием 100 ящичных ловушек, расставленных в несколько линий. Продолжительность отловов на каждой из площадей составляла 10 суток. Места расположения ловушек были строго фиксированы и не изменялись при проведении каждой последующей серии отловов. Использование подобной методики позволило оперировать при математической обработке данных полученными абсолютными показателями.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОДАНЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЕННЕЙ
ЧИСЛЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS*)
И УЛОВИСТОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ БУРОЗУБКИ (*SOREX ARANEUS*)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕРЕЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Таблица 1

Таблица выявленных корреляций погодно-климатических факторов с осенней уловистостью обыкновенной бурозубки и динамикой численности рыжей полевки на пробных площадях Березинского заповедника

Фактор	<i>Sorex araneus</i>			<i>Clethrionomys glareolus</i>		
	Синичено	Савский Бор	Нивки	Синичено	Савский Бор	Нивки
Сумма осадков						
за май–июнь предыдущего года	0,403	0,389	0,790	-0,654	-0,305	-0,259
предыдущей осени				-0,565	0,127	-0,176
Осадки за:						
предыдущий год	0,148	0,319	0,704			
июнь предыдущего года	0,679	0,224	0,659			
август предыдущего года				0,795	0,450	0,826
сентябрь предыдущего года				-0,660	-0,129	-0,250
декабрь предыдущего года	-0,572	-0,068	-0,144			
февраль текущего года	0,121	0,080	0,612			
май текущего года				-0,513	-0,692	-0,731
май–июнь текущего года				-0,509	-0,572	-0,592
весну текущего года				-0,240	-0,617	-0,603
Сумма эффективных осадков весны				-0,205	-0,614	-0,640
Сумма температур весны предыдущего года, обеспеч. осадками	0,664	0,201	-0,066			
Гидротермический коэффициент за:						
май предыдущего года				0,610	0,190	0,623
июнь предыдущего года	-0,600	-0,320	-0,550	0,340	0,677	0,404
июль предыдущего года	0,019	0,782	0,301			
май–июнь предыдущего года	-0,790	-0,430	-0,510	0,727	0,524	0,580
июнь–июль предыдущего года				0,326	0,750	0,480
июнь–август предыдущего года				0,215	0,688	0,360
апрель	-0,010	0,035	0,582			
апрель–май	-0,124	0,031	0,580			
май				0,218	0,605	0,600
июнь	0,720	-0,210	-0,190			
июнь–июль	0,652	0,002	0,086			
июнь–август	0,727	-0,065	-0,072			
Сумма среднесуточных температур:						
апреля–мая предыд. года	-0,600	-0,200	-0,200			
апреля–мая периода вегетации	0,104	0,229	0,571	0,453	0,651	0,659
Максимумы температур за:						
июль предыдущего года				0,682	0,581	0,800

Фактор	<i>Sorex araneus</i>			<i>Clethrionomys glareolus</i>		
	Синичено	Савский Бор	Нивки	Синичено	Савский Бор	Нивки
Март	-0,072	0,487	0,584			
июнь	0,020	0,405	0,630			
Минимумы температур за:						
январь	0,120	0,636	-0,046			
июнь	0,360	0,598	0,304			
июль	-0,724	-0,352	-0,056			
август предыдущего года				0,649	0,387	0,270
сентябрь предыдущего года	0,489	0,771	0,523			
октябрь предыдущего года	0,221	-0,818	-0,346			
ноябрь предыдущего года				0,029	-0,577	-0,408
декабрь предыдущего года				0,613	0,412	0,441

Погодно-климатические данные за 1991–2001 годы (температурные показатели, осадки, величина снежного покрова и пр.) были предоставлены станцией фонового мониторинга Березинского биосферного заповедника. Они были использованы для характеристики условий осеннего и зимнего выживания, особенностей начала сезона размножения, весенне-летних условий обитания. Всего список исследованных погодно-климатических факторов, включая их модификации, насчитывает 72 наименования.

Для оценки воздействия каждого из анализируемых погодно-климатических факторов на динамику осенней численности и уловистости рассматривался коэффициент их корреляции. По срокам воздействия упомянутые факторы были разбиты на несколько групп: действовавшие 1) в период растительной вегетации предыдущего года; 2) предыдущей осенью; 3) зимой; 4) в начале весны текущего года; 5) в период растительной вегетации текущего года. Для характеристики погодных условий помимо обычных показателей температуры, осадков и высоты снежного покрова в зимний период, были использованы данные о количестве дней с заморозками осенью, зимой и весной; суммы среднесуточных температур в различных сочетаниях; суммы среднесуточных температур, обеспеченных осадками; гидротермический коэффициент (отражает соотношение тепла и влаги, равен отношению среднетемпературного показателя определенного периода к сумме осадков за этот же период) для различных сезонов, месяцев и их сочетаний.

При статистической обработке использованы методы корреляционного анализа. Расчеты проводились на персональном компьютере с использованием статистического аппарата Microsoft Excel. Влияние факторов на динамику численности указанных видов мелких млекопитающих рассчитывали с помощью коэффициентов корреляции (r) и корреляционных отношений (η) [8].

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОДАНЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЕННЕЙ
ЧИСЛЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS*)
И УЛОВИСТОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ БУРОЗУБКИ (*SOREX ARANEUS*)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕРЕЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

РЕЗУЛЬТАТЫ

За время проведения исследований ни на одной из пробных площадей не наблюдалась массовая гибель рыжей полевки и обыкновенной бурозубки из-за эпизоотий или паразитов, не отмечалось и усиленное давление хищников на населяющих эти территории группировки мелких млекопитающих. Это позволило сделать предположение, что указанные факторы не влияли на изменения численности, а сила их воздействия все время была постоянной.

Для обыкновенной бурозубки из Березинского заповедника характерными являются 3–4-летние периоды между пиками численности. Для разных стационаров пик достигался не одновременно. Анализ взаимной сопряженности осенней уловистости обыкновенной бурозубки для различных пробных площадей показал, что достоверная корреляция существует только между динамикой численности на стационарах «Нивки» и «Савский Бор» ($r = 0,70$). Связей между изменением уловистости на этих площадях и стационаром «Синичено» не наблюдалось. Коэффициент корреляции равнялся, соответственно, 0,146 и 0,196. Это указывает на то, что динамику численности обыкновенной бурозубки на каждой из пробных площадей определяет собственный набор факторов.

В таблице 1 приведены факторы, давшие достоверную корреляцию с динамикой осенней уловистости обыкновенной бурозубки (минимально существенный уровень для выборок составил показатель $r = 0,56$). В их воздействии имеются территориальные различия. Бросается в глаза тесная связь динамики осенней уловистости с показателями температуры, влажности и гидротермическими коэффициентами периода растительной вегетации предыдущего года. По-видимому, часть из выявленных связей проявляется опосредовано, через состояние кормовой базы, ключевое воздействие на которую могут оказывать именно погодно-климатические факторы. Не исключается и чисто случайное возникновение высоких корреляционных показателей. Наиболее наглядно это проявилось для стационара «Савский Бор», где на выведенных трендах было отмечено, что достоверная зависимость для гидротермического коэффициента за июль предыдущего года и для минимума температур за предшествующий сентябрь с динамикой осенней уловистости вида возникает за счет большого отклонения всего одной точки. При применении для этого показателя метода исключения уровень связи заметно снижается. Подобная ситуация наблюдалась и для гидротермических коэффициентов за июнь, июнь–июль и июнь–август для стационара «Синичено».

Таблица 2

Данные для составления уравнения, описывающего воздействие погодно-климатических факторов на осеннюю динамику численности обыкновенной бурозубки на пробной площади «Нивки».

Показатель	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Сумма среднесуточных температур периода вегетации (апрель–август)	2011,8	2128,7	1957,2	2074,4	2151,4	2108,0	1995,0	2072,0	2331,2	2113,0	2269,2
Температурные максимумы марта	12,4	10,9	10,2	10,4	13,6	5,0	13,2	11,8	15,3	9,3	11,8
Сумма осадков за предыдущий год	625,2	627,5	692,5	667,2	683,6	638,4	786,4	980,4	523,3	708,5	781,1
Сумма осадков за июнь пред. года	153,0	23,2	81,9	66,8	74,0	42,5	195,0	189,6	71,7	60,4	85,5

Тренды, выведенные для факторов, давших достоверную корреляцию с уловистостью обыкновенной бурозубки, показывают, что большинство связей носит линейный характер. Лишь в одном случае зависимость оказалась криволинейной (для нее было вычислено корреляционное отношение (η)). Таким образом, для расчета уравнений, дающих описание совокупности влияния двух или более факторов на уровень численности обыкновенной бурозубки, оказалось возможным воспользоваться методом множественной линейной регрессии.

Были вычислены два пробных уравнения для стационара «Нивки» на основании данных по 1) сумме среднесуточных температур периода вегетации (апрель-август) (z) и максимуму мартовских температур (y):

$$x = -78,967 + 1,353y + 0,034z \quad (1)$$

и 2) сумме осадков за предыдущий год (z) и сумме осадков за июнь предыдущего года (y):

$$x = -20,7624 + 0,034865y + 0,05z \quad (2)$$

Исходные данные приводятся в таблице 2.

На основании уравнения (2) был сделан прогноз для осени 2002 года. По данным прогноза показатель отлова должен был быть равен 10,7 особей. Реальный показатель, по данным отловов, проведенных в сентябре, составил 6 особей.

По обоим уравнениям рассчитали прогнозное количество животных на период с 1992 по 2001 год. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Пики численности у рыжей полевки за время наблюдений отмечались трижды — в 1993, 1995, 2000-2001 годах, достигая показателя для разных стационаров от 70 до 160 ос./га. Депрессии отмечались в 1994, 1998 и 2002 гг. (20–50 особей на га). Данные наблюдений свидетельствуют об ацикличности динамики численности этого вида для Северной Беларуси. В тоже время, существует строгая синхронность в ее изменении для всех исследованных стационаров. Коэффициент корреляции для стационаров «Синичено» и «Нивки» равен $r=0,848$, для «Синичено» и «Савский Бор» — $r=0,688$, для «Нивки» и «Савский Бор» — $r=0,867$.

Таблица 3

Прогноз по уловистости обыкновенной бурозубки для пробной площади «Нивки» на период с 1992 по 2002 г.

Вариант прогноза	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Прогноз по уравнен. (1)	8,1	1,4	5,6	12,5	0	6,6	7,4	21	5,4	13,9
Прогноз по уравнен. (2)	7,7	2,3	7,5	5,8	6,8	3,6	16,4	22,9	1,1	7,0
Реальный показатель по данным учетов	1	0	7	17	1	0	18	25	9	4

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОДАНЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЕННЕЙ
ЧИСЛЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (CLETHRIONOMYS GLAREOLUS)
И УЛОВИСТОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ БУРОЗУБКИ (SOREX ARANEUS)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕРЕЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

В таблице 1 приведены факторы, давшие достоверную корреляцию с динамикой осенней численности рыжей полевки (как и в случае с обыкновенной бурозубкой минимально существенный уровень для выборок составил показатель $r = 0,56$). Были рассмотрены корреляционные отношения с погодно-климатическими показателями предыдущей осени, зимнего периода, весны в период начальной растительной вегетации и репродуктивного (май–август) сезона. Наиболее тесная связь отмечена с такими показателями, как сумма осадков весны и отдельных весенних месяцев, среднесуточных температур апреля–мая, гидротермический коэффициент мая, сумма эффективных осадков весны (табл. 1). На основе построенных трендов выявлен и ряд случайных корреляционных показателей, имевших высокий уровень значимости: прямые связи с минимумами температур за декабрь и август предыдущего года для стационара «Синичено».

Таблица 4

Данные для составления уравнения, описывающего воздействие погодно-климатических факторов на осеннюю динамику численности рыжей полевки на пробных площадях «Нивки» и «Савский Бор»

Показатель	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Сумма среднесуточных температур апреля–мая	67,6	26,1	76,3	47,0	90,7	57,9	113,2	11,2	15,7	32,6
Количество осадков в мае текущего года	502,1	637,0	562,6	565,1	645,4	432,0	583,4	588,2	667,5	622,3
Данные учетов осенней численности на стац. «Нивки», особей	19	107	35	95	71	28	17	92	102	144
Данные учетов осенней численности на стац. «Савский Бор», особей	27	95	29	59	42	21	24	54	59	65

Графические тренды для факторов, давших достоверную корреляцию с динамикой численности рыжей полевки, свидетельствует о линейном характере их связей, что позволило воспользоваться при вычислении прогнозных уравнений методом множественной линейной регрессии.

Вычислены два пробных уравнения на основе показателей суммы среднесуточных температур апреля–мая (z) и количества осадков в мае текущего года (y) для стационаров «Савский Бор» и «Нивки» (табл. 4). Для «Савского Бора» оно выглядит следующим образом:

$$x = -28,412 - 0,391y + 0,167z \quad (1)$$

а для стационара «Нивки» имеет вид

$$x = -67,556 - 0,788y + 0,31z \quad (2)$$

По обоим уравнениям была рассчитана прогнозная численность животных на период с 1992 по 2002 г. (табл. 5).

Таблица 5

Прогноз по рыжей полевке для стационаров «Нивки» и «Савский Бор» на период с 1992 по 2002 г.

Вариант прогноза	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Прогноз по уравнению для стац. «Нивки»	35	123	46	70	61	21	24	106	127	100	120
Прогноз по уравнению для ст. «Савский Бор»	29	68	35	47	44	21	25	65	77	63	73
Реальный показатель по данным учетов для стац. «Нивки»	19	107	35	95	71	28	17	92	102	144	30
Реальный показатель по данным учетов для стац. «Савский Бор»	27	95	29	59	42	21	24	54	59	65	22

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные не дают точного прогноза осенней уловистости обыкновенной бурозубки (рис. 1), однако использование расчетных уравнений на основе погодно-климатических показателей позволяет с большой долей точности предсказать фазы роста, стабилизации и спада численности этого вида в лесных экосистемах Березинского заповедника. В то же время, графики, изображенные на рисунке 1, свидетельствуют о том, что прогнозные данные могут быть использованы и для оценки фазового состояния популяции для лет, за которые отсутствуют учетные данные. Результаты вычислений указывают на то, что использование метода корреляционного анализа для оценки действия различных факторов на уровень численности вида не исключает получения ошибочных результатов. Применять его в прогнозных целях следует с большой осторожностью.

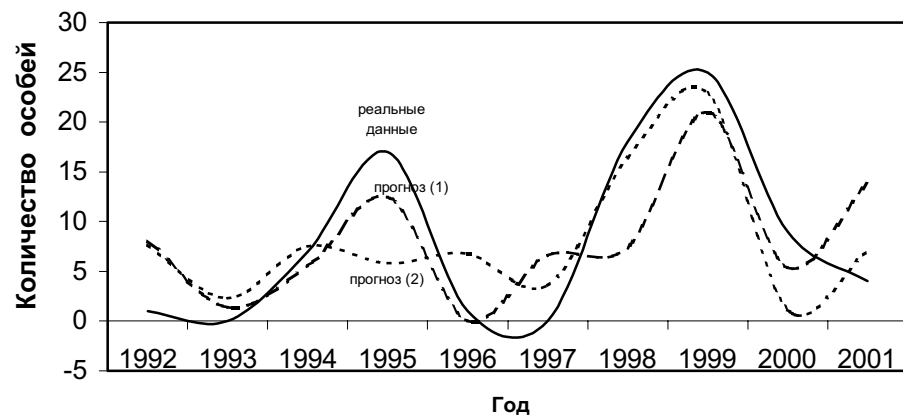


Рис. 1. Графики осенней уловистости обыкновенной бурозубки на стационаре «Нивки», построенные на основе реальных данных и данных, полученных из прогнозных уравнений (1) и (2).

Уравнения, описывающие колебания осенней численности рыжей полевки, с высокой степенью достоверности ($\pm 30\%$) прогнозируют осеннюю динамику численности вида для лет с высоким и умеренным летним увлажнением (рис. 2), однако непригодны для составления прогнозов в годы с сухим летом. Так, для 2002

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОДАНЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЕННЕЙ
ЧИСЛЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS*)
И УЛОВИСТОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ БУРОЗУБКИ (*SOREX ARANEUS*)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕРЕЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

года отмечается 3–4-кратное расхождение в прогнозных показателях и реальной численности животных на обоих стационарах. По всей видимости, для подобных лет, уравнения нуждаются в корректировке либо путем придания им нелинейной характеристики, либо введением третьей переменной.

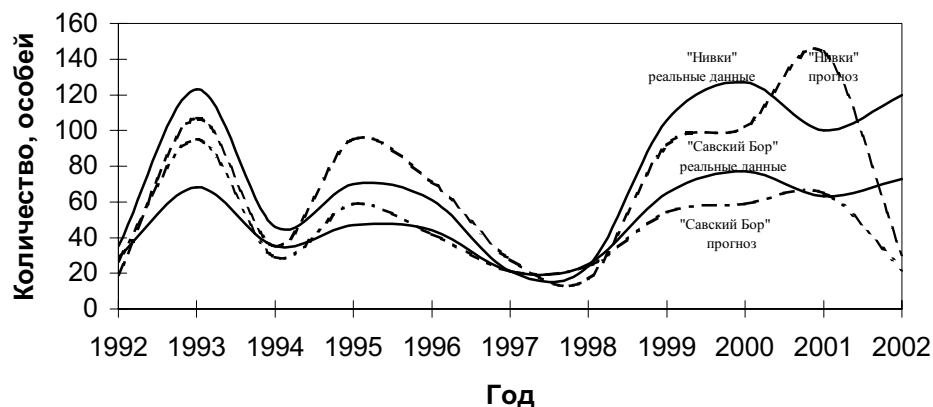


Рис. 2. Графики осенней динамики численности рыжей полевки на стационарах «Нивки» и «Савский Бор», построенные на основе реальных данных и данных, полученных на основе прогнозных уравнений

Список литературы

1. Кошкина Т. В., Окулова Н. М., Коротков Ю. С. Сравнительный анализ четырех таежных популяций красной полевки на юге Кемеровской области / Материалы совещ. «Популяционная структура вида у млекопитающих». — М., 1970. — С. 43–46.
2. Сергеев Г. Е. Корреляционный прогноз численности животных (на примере краснохвостой песчанки (*Meriones erythrourus* Gray, 1842)). — Автореферат диссертации... канд. биол. наук. — Л., 1968. — 22 с.
3. Сергеев Г. Е. Использование метода множественной корреляции для прогноза численности вредителей / Труды ВИЗР. — 1970. — В. 30. — С. 238–246.
4. Окулова Н. М., Мыскин А. А. К оценке значения различных факторов в динамике численности сибирской красной полевки (*Clethrionomys rutilus*) // Зоол. журнал. — 1973. — Т. 52. — В. 12. — С. 1849–1860.
5. Васильев С. В., Поляков И. Я., Саулич М. И., Сергеев Г. Е. Алгоритм решения задач прогнозирования многофакторного процесса динамики численности популяций / Труды ВИЗР. — 1976. — В. 50. — С. 139–164.
6. Саулич М. И., Сергеев Г. Е., Васильев С. В., Гладкина Т. С. Корреляционный прогноз численности общественной полевки (*Microtus socialis* Pall) в Калининградской области РСФСР / Труды ВИЗР. — 1976. — В. 50. — С. 116–138.
7. Садыков О. Ф., Бененсон И. Е. Динамика численности мелких млекопитающих: концепции, гипотезы, модели. — М.: Наука, 1992. — 191 с.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

Поступила в редакцию 25.05.2004 г.