

УДК 591.5

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS* SCHREBER, RODENTIA, CRICETIDAE) НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПЕРИФЕРИИ АРЕАЛА

© 2025 Э. В. Ивантер*

Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, 185035 Россия

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, 185910 Россия

*e-mail: ivanter@petrsu.ru

Поступила в редакцию 06.07.2024

После доработки 09.09.2024

Принята к публикации 11.09.2024

Проанализирована многолетняя (1965–2018) динамика численности рыжей полевки в Карельском Приладожье. Методика заключалась в применении автокорреляционного и спектрального (гармонического) анализов с поправками на влияние внешней среды и использованием функции последования, которая удовлетворительно описывает многолетние изменения численности вида (коэффициент детерминации $R^2 = 0.4$). Показано, что внутривидовое сдерживание роста популяции начинается с уровня 2.2 экз./100 ловушко-суток. Анализы усредненных данных за май–сентябрь и по периоду максимальной численности (август) показали сходные результаты. Корреляционный анализ выявил периодичность временных рядов лишь по данным отловов канавками (4–6 лет), а гармонический анализ – с интервалом 6–9 лет. В условиях Карелии, как и на большей части ареала вида, цикличность проявляется относительно слабо.

Ключевые слова: грызун, статистика, периодичность, цикличность, динамика численности

DOI: 10.31857/S0044513425020073, **EDN:** ssndbt

Существуют разные методы модельного описания колебаний численности животных (Базыкин, 1969, 1985; Рикер, 1979; Орлов и др., 1986; Саранча, 1991, 1995, 1997, 2004; Фрисман, 1991; Пузаченко, 2004). Для популяций мелких млекопитающих, сложных нестационарных систем, характерно нелинейное поведение, что обычно выражается посредством аналитических, автоматных, имитационных моделей, а также с помощью функций последования (Саранча, 1995). Такое описание представляет собой не одно уравнение, а полный набор относительно простых математических правил, которые позволяют поочередно рассчитывать характеристики качественно различных состояний системы на разных фазах ее функционирования.

В настоящей работе, выполненной по инициативе и под руководством профессора Петрозаводского гос. университета А.В. Коросова, функции последования впервые применяются для описания динамики численности популяции рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber 1780). В Северо-Восточном Приладожье этот вид принадлежит к основным компонентам лесных биоценозов

и достигает высокой численности. Его часто используют в качестве объекта исследования причин флуктуаций численности. Особенность динамики численности вида в Карельском Приладожье состоит в том, что наряду с эндогенными факторами динамики популяции существенное влияние оказывают экзогенные факторы, в частности суровые климатические условия (Ивантер, 1975, 2018). При этом темпы и ритмика динамического процесса, как и амплитуда и характер периодичности изменений численности, у большинства видов в масштабах всего ареала остаются недостаточно изученными. Одной из главных причин, препятствующих решению этой задачи, следует считать нехватку длительных рядов наблюдений, проведенных на постоянной территории и по единой методике.

Цель настоящего сообщения – восполнить этот пробел модельным, с использованием функций последования, анализом особенностей динамики численности рыжей полевки в условиях северо-западной периферии ареала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на территории Северо-Восточного Приладожья в течение более чем полувека (1965–2018 гг.) в окрестностях Ладожского териологического стационара (Питкярантский р-н Карелии) двумя основными методами: ловушками и ловчими канавками. Учет зверьков ловушками заключался в расстановке параллельных, на расстоянии 25 м друг от друга, линий давилков (капканчиков Геро). На каждой линии располагалось по 25 ловушек с интервалом в 4 м. Они равномерно распределялись по всем обследуемым биотопам (и модельным участкам) и действовали по 2–4 суток. Приманкой служили кусочки смоченного в растительном масле ржаного хлеба, а за показатель обилия принимали число зверьков, отловленных за сутки работы 100 ловушек (на 100 ловушко-суток), и выраженную в процентах долю данного вида в общем улове ловушками.

Учет и отлов канавками проводили с помощью 30-метровых узких и неглубоких (в штык лопаты) траншей, каждая из которых имела по три металлических конуса, врытых в почву таким образом, чтобы верхние их края находились вровень с дном канавки. Показатель численности – число зверьков, попавших в конусы за 10 суток работы одной канавки (на 10 канавко-суток), и относительное количество особей данного вида, выраженное в процентах от общего числа добытых зверьков (индекс доминирования). За весь период исследований здесь отработано 309272 ловушко-суток и 9177 канавко-суток, с помощью которых добыто и исследовано 4992 рыжие полевки, популяция которых и является основным объектом нашего исследования. С этой целью использовались данные по уровню относительной численности зверьков за период с 1966 по 2014 гг. (с июня по август) по всему региону (рис. 1) и модельному участку сосняка-черничника с 1977 по 2003 гг. (рис. 2). По этим материалам формировался временной ряд значений численности рыжей полевки по двум фазам сезонной динамики – началу размножения и его окончанию (в среднем по серии биотопов). В качестве оценки численности в начале периода летнего воспроизводства взят уровень численности взрослых особей в первой половине июня (NJ), результат размножения представлен значением относительной численности в августе (NA) (в основном прибитых). Кроме этого, использовалась информация по абиотическим факторам среды, полученная на метеорологической станции г. Сортавала. Обработку этих данных, создание модели и подбор наиболее подходящих коэффициентов в уравнениях модели осуществляли в среде Excel, в том числе с помощью макроса Excel “Поиск решений” (Коросов, 2002).

Результатом автокорреляционного анализа служат данные по частоте периодограммы, численно и графически показывающей величины АКФ, т.е. коэффициенты автокорреляции (и их стандартные ошибки) для последовательности лагов из определенного диапазона (Дженкинс, Ваттс, 1971). Пики, приходящиеся на определенный лаг, означают большую или меньшую степень совпадения ряда с самим собой и, как следствие, существование периодичности в изменениях изучаемых явлений, а также повторяемость значений через равные промежутки времени.

Гармонический, или спектральный, анализ дает существенно более полную и подробную характеристику периодичности временного ряда. В ней исследуются периодические модели данных, а основой анализа служат так называемые преобразования Фурье. Таким образом, спектральный анализ определяет корреляцию функций синусов и косинусов различной частоты с наблюдаемыми данными. Если найденная корреляция (коэффициент при определенном синусе и косинусе) достаточно велика, то можно заключить, что существует строгая периодичность в данных на соответствующей частоте.

Было проведено два варианта анализа. В первом оценки численности были усреднены для бесснежного периода каждого года (месяцы отловов: май, июнь, июль, август, сентябрь). Во втором были применены оценки по тому же биотопу, но только за месяц, когда численность зверьков достигает максимума (август). Использование данных по одному биотопу, охваченному регулярными отловами как ловушками, так и канавками, дает хорошую возможность оценить по частоте циклические составляющие динамики численности.

Продолжительность включенных в анализ отловов составляет в нашем случае 37 лет – с 1973 по 2009 год. Таким образом, нами были проведены два анализа с использованием двух переменных с 37 наблюдениями. Данные по численности зверьков были представлены в таблице Excel и для дальнейшей обработки экспортированы в StatGraphicsPlus и Statistica.

Функции последования позволяют достаточно точно оценить параметры этого процесса. Они эффективно отображают динамику системы с несколькими ярко выраженными фазами или сезонами функционирования. Сезоны последовательно сменяют друг друга, образуя замкнутый жизненный цикл. В частности, при описании многолетней динамики численности популяции мелких млекопитающих следует выделить как минимум два сезона: сезон вымирания (холодное время года – “зима”) и сезон размножения, воспроизводства (теплое время года – “лето”). Ограничиться одной функцией в этом случае сложно, так как необходимо выразить разные механизмы специфического ответа системы (популяции)

на действия внешних факторов, различных в каждом из двух сезонов.

Построение функций последования идет в два этапа. Сначала на основе анализа данных с помощью графического отображения отыскиваются первичные параметры уравнений названных зависимостей. В соответствии с рекомендациями Саранчи (1995), зависимость численности прибылых в конце текущего сезона размножения от численности зимовавших в начале этого сезона может быть описана уравнением логистической связи. Выразить функцию зимнего вымирания сложнее. Точки, характеризующие зависимость численности переживших зиму зверьков от количества молоди в конце предыдущего сезона размножения, приходится соединять с помощью двух уравнений. Если численность осенних прибылых была ниже определенного порогового значения, для использования годится обычная линейная зависимость. Дело в том, что при низком уровне численности на зимовку уходят в основном прибылые животные с высокой степенью выживаемости, поэтому чем больше животных уходит на зимовку, тем больше зимовавших приступит к размножению следующей весной (Ивантер, 1975). Налицо простая положительная пропорция, но только до определенного “переломного” значения. Когда численность осенних прибылых превышает этот порог, связь между осенней и весенней численностью популяции выражена степенным уравнением (рис. 3, Кривая). Причина состоит в том, что при дальнейшем увеличении плотности уходящих на зиму зверьков важную роль приобретают внутривидовые регуляторные механизмы — конкурентные взаимоотношения, угнетающие и ослабляющие животных. Их эффект проявляется тем сильнее, чем выше был уровень численности. Размножение популяции подавляется, доля осенних молодых снижается и на зимовку уходят преимущественно летние прибылые, погибающие зимой. Иными словами, чем выше была осенняя численность, тем меньше в популяции окажется зверьков, способных перенести зиму.

Получается, что две функции, отображающие динамику объекта, последовательно сменяют друг друга в зависимости от того, для какого сезона производится вычисление и какой уровень численности был в правильные по амплитуде и частоте циклы (рис. 2, 3, Модель 1). В то же время наблюдается недостаточное соответствие модели фактическим данным, коэффициент корреляции реальной и модельной численности составляет $r = 0.48$, а коэффициент детерминации $R^2 = 0.23$.

Перед построением модели, учитывающей условия окружающей среды посредством компонентного анализа, из набора доступной информации были отобраны статистически значимые факторы. В итоге обнаружены высокие коэффициенты связи численности изучаемого вида со средней температурой в марте (чем

теплее зима, тем выше выживаемость зверьков), июне (чем ниже температура в начале лета, тем хуже идет размножение) и ноябре (чем ниже температура в начале осени и, следовательно, чем раньше устанавливается и дольше держится высокий снеговой покров, тем лучше выживаемость зверьков и выше оказывается численность их весной). Выявленные таким образом факторы были включены в модель и использовались при анализе материала.

Предварительные значения параметров функций последования также не оставались постоянными и уточнялись в процессе настройки модели. Смысл такой настройки состоял в том, чтобы, целенаправленно изменяя величину параметров функций, свести различия модельных и реальных значений численности к нулю. Такую настройку следует проводить в среде Excel с помощью макроса “Поиск решений”.

Для некоторых видов мелких млекопитающих было показано, что функция последования, хорошо описывающая регуляцию повторяющихся изменений численности, выявляет и характерные для популяций, живущих в центре ареала в благоприятных условиях, весьма развитые механизмы саморегуляции, например для копытного лемминга (Орлов и др., 1986). Правда, для изучаемой нами и обитающей в Карелии у северных границ ареала рыжей полевки более характерно влияние на численность внешних условий (Ивантер, 1975, 2018). Эффекты внутривидовой авторегуляции выражены у нее относительно слабо и проявляются далеко не каждый год.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За годы наблюдений численность рыжей полевки варьировала в исследуемом регионе в расчете на 100 ловушко-суток от 0 до 9 экз. с чередованием небольших по продолжительности (длящихся обычно не более 1–2 лет) и высоте подъемов (1969–1970, 1973–1974, 1982, 1986, 1993–1994, 1998–1999, 2003–2005, 2008–2013–2014 гг.) с длительными и глубокими депрессиями (1964–1968, 1871–1972, 1975–1976, 1979–1981, 1983–1985, 1987–1993, 1995–2000, 2002–2006 и 2010–2012 гг.). Согласно полученным данным, динамика численности популяции рыжей полевки (рис. 1) характеризуется асинхронной динамикой. Тем не менее четкой периодичности и чередования падений и подъемов не наблюдается. Размах же колебаний внушительный, максимальные показатели нередко превосходят минимальные в несколько десятков раз (рис. 1).

При этом в целом по исследуемому материалу корреляционный анализ показал, что четкая периодичность временных рядов в изменениях численности рыжей полевки выявляется лишь для данных отловов канавками (4–6 лет) (табл. 1). Значимая корреляция обнаружена лишь для периода продолжительностью

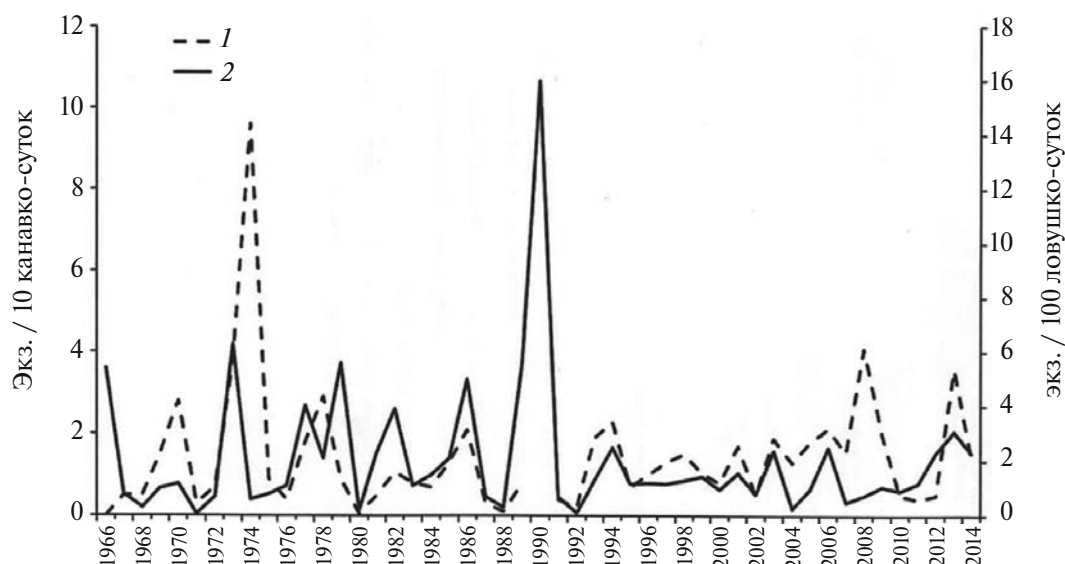


Рис. 1. Многолетние изменения численности рыжей полевки в Северо-Восточном Приладожье: 1 — ловушечные, 2 — канавочные.

Таблица 1. Автокорреляционные функции многолетней динамики численности рыжей полевки по данным отловов в мае–сентябре ловушками и канавками в сосняке черничном

Лаг	Учет ловушками		Учет канавками	
	r	Пороговые значения r	r	Пороговые значения r
1	−0.11	0.29	0.03	0.29
2	0.04	0.32	−0.07	0.30
3	0.09	0.33	0.06	0.31
4	0.10	0.35	−0.20	0.33
5	−0.19	0.36	−0.30	0.43
6	−0.09	0.35	0.28	0.40
7	−0.12	0.35	0.02	0.43
8	0.02	0.38	−0.01	0.43
9	−0.11	0.40	0.15	0.40
10	0.09	0.40	−0.04	0.40
11	0.10	0.39	−0.05	0.42
12	0.02	0.40	−0.08	0.40

5 лет. Величины, близкие к значимым, относятся также к периодам 4 и 6 лет.

По данным отловов ловушками, коэффициенты корреляции при всех лагах не превышают минимального порогового значения, т.е. достоверной периодичности колебаний численности по годам в этих условиях не обнаруживается. Причем при учетах ловушками из всего множества коэффициентов корреляции стремятся к пороговому значению всего три, принадлежащие периодам 4 и 5 лет, что согласуется и с данными отловов канавками.

При проведении корреляционного анализа на основе учетов в мае–сентябре ловушками и канавками в сосняке черничном (см. табл. 1) были получены результаты, сходные с таковыми во временных рядах по августу. На основании данных отловов ловушками выявлена слабая периодичность колебаний и для смежных лет годового цикла. По данным отловов канавками близкими к значимым оказались коэффициенты при лагах 6–7 лет (долговременный тренд) и 2 года (сходство численности в отстоящих на 1 год значениях), что характеризует повышение подвижности зверьков в год, предшествующий повышению численности, и год, следующий за ним.

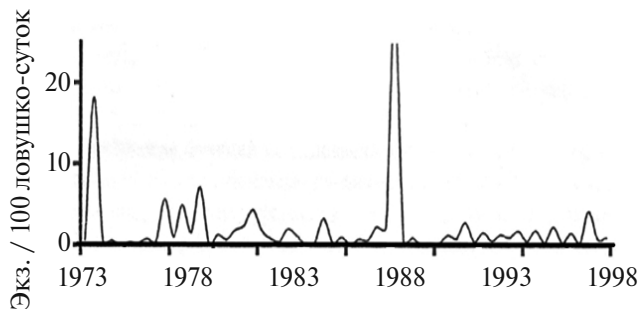


Рис. 2. Изменения численности рыжей полевки в Северо-Восточном Приладожье по данным отлова ловушками в сосняке черничном с 1973 по 2003 г.

Что же касается сезонных изменений численности рыжей полевки, то первый вариант модели (без учета условий среды) позволяет описать только общую их закономерность. По этим данным сезонная динамика характеризуется лишь регулярно повторяющимися подъемом численности к концу сезона размножения и максимальным ее падением к концу зимы. Расчетная динамика численности при учете порога в августе, равная 2.2 экз. на 100 л.-с., имеет неординарный характер, формируясь правильным по амплитуде и частоте циклом (рис. 2, 3). В то же время наблюдается корректировка модели по данным, которые при сопоставлении с реальными размерами численности составляют 0.48 (коэффициент детерминации $R^2 = 0.28$).

Перед построением модели, учитывающей условия окружающей среды, проводились компонентный анализ получаемых данных и отбор существенных (значимых) факторов, воздействующих на численность

полевков. В итоге обнаружены высокие коэффициенты связи численности вида с температурой марта (чем теплее зима, тем выше выживаемость полевков) и июня, при этом использовались ссылки на показатели численности зверьков, рассчитанные на предшествующие сезоны. Получается, что отображающие динамику объекта две функции последовательно сменяют друг друга, в зависимости от того, для какого сезона производится вычисление и какой уровень численности был в правильные по амплитуде и частоте циклы (рис. 2, 3, Модель 1). При этом наблюдается недостаточное соответствие модели фактическим данным, коэффициент корреляции реальной и модельной численности составляет $r = 0.48$, а коэффициент детерминации $R^2 = 0.23$.

Сравнение результатов проведенного нами автокорреляционного анализа многолетней динамики численности рыжей полевки в Карельском Приладожье с результатами наших же исследований по другим встречающимся здесь видам мелких млекопитающих (Ивантер и др., 2008), а также и отдельно по обыкновенной бурозубке (Ивантер и др., 2017), только для последней выявило, правда, достаточно слабую периодичность в 4 года по отловам ловушками. В учетах канавками периодичности у всех остальных видов не было совсем. Гармонический анализ также дал всего лишь одну значимую оценку периодичности многолетних изменений спектральной плотности населения. Эта оценка принадлежит обыкновенной бурозубке и периоду 40 лет при отловах зверьков ловушками.

В соответствии с принятой типологией динамики численности млекопитающих, разработанной на примере мелких грызунов (Hansson, 1989), характеристики

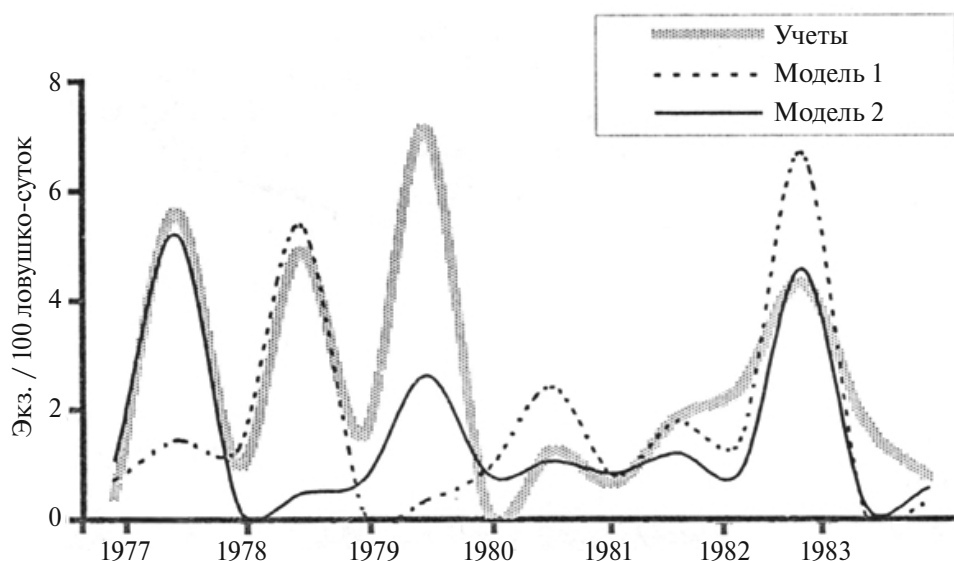


Рис. 3. Спектральный анализ динамики численности рыжей полевки в Северо-Восточном Приладожье по данным учетов ловушко-линиями с 1977 по 2003 г.

изученной популяции рыжих полевок относятся к нециклической динамике. При расчетах цикличности колебаний численности (Henttonen et al., 1988) показатель для Карелии составил 0.276, что также соответствует нециклической популяции.

Статистический анализ изменений численности рыжей полевки в масштабах ареала показывает, что большинство ее популяций являются ациклическими или лишь демонстрируют тенденцию к правильным 3–4-летним циклам (Балакирев и др., 2004).

Более или менее значительные по масштабам колебания численности изучаемого вида в Карелии определяются нестабильностью климатических показателей, что и вызывает резкие изменения условий существования зверьков (Ивантер, 1975, 2018). Наиболее существенны температуры весны и количество зимне-весенних осадков, и даже максимальная здесь плотность населения полевок в масштабах ареала относительно невысока, а строгая цикличность изменений численности была показана только для популяций рыжей полевки в зоне видового оптимума, где амплитуда колебаний численности таких популяций была заметно меньше, нежели у границ ареала вида. Тем не менее усиление климатической нестабильности в конце XX и начале XXI века привело к нарушению цикличности изменений численности рыжих полевок в Центральной Сибири, где цикличность при этом могла восстанавливаться после кратковременного нарушения (Захаров и др., 2011). Подобные нарушения цикличности в последние десятилетия отмечены также у других видов мышевидных грызунов, у песцов и иных обитающих на Севере животных (Hansson, Henttonen, 1989; Hanski et al., 2001).

В условиях Карелии, как и на большей части ареала вида, цикличность динамики численности рыжей полевки проявляется относительно слабо. Но если проследить изменение этого показателя в отдельно взятом коренном типе леса (например, в сосняке черничном), то в целом выявленные разными методами анализа различия в периодичности временных рядов свидетельствуют, с одной стороны, об отсутствии однозначной и строгой регулярности, а с другой — о существовании определенного стохастического периода, но причинно обусловленного и закономерного (Пузаченко, 2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных нами исследований позволили выявить наличие у изучаемого вида — рыжей полевки — периодичности временных рядов многолетних изменений численности популяции. Правда, при всей достоверности полученных данных отмеченная цикличность проявляется относительно слабо и не во всех случаях. Последнее, наверное, объясняется тем, что выбранная в качестве объекта исследований

рыжая полевка доминирует среди других видов мелких млекопитающих Палеарктики, обитающих рядом, и в отличие от большинства из них представляет достаточно обособленный и относительно стабильный вид, всегда богатый особями, ждать от которого достаточно сильных и ритмичных колебаний численности просто не приходится. Кроме того, взятый нами для анализа биотоп (травяно-зеленомошный (черничный) сосняк) отличается в Карелии средними по благоприятности условиями. Поэтому не исключено, что в других местообитаниях характер изменений численности у рыжей полевки будет иным.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа проводилась в плане выполнения Государственного задания Федерального исследовательского центра “Карельский центр Российской академии наук”.

Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данными исследованиями получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Согласно заключению Экспертной комиссии по биоэтике Института биологии Карельского научного центра РАН (Протокол № 12 от 03 сентября 1024 г.), настоящее научное исследование проведено в соответствии с российскими и международными принципами и нормами гуманного обращения с животными, охраны окружающей среды и животного мира, рационального использования природных ресурсов и безопасного проведения биологических исследований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор данной работы заявляет, что у него нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Базыкин А.Д., 1969. Модели динамики численности и проблема сосуществования близких видов животных // Журнал общей биологии. Т. 30. № 3. С. 259–318.
- Базыкин А.Д., 1985. Математическое моделирование и анализ популяционных механизмов взаимодействия животных. М.: Наука. 453 с.
- Балакирев А.Е., Окулова Н.М., Ивантер Э.В., 2004. К анализу факторных воздействий на многолетнюю динамику численности обыкновенной бурозубки на севере и юге ареала // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 111–122.
- Дженкинс Г., Ваттс Д., 1971. Спектральный анализ и его приложение. Вып. 1. М.: Мир. 317 с.
- Захаров В.М., Шефтель Б.И., Дмитриев С.Г., 2011. Изменение климата и популяционная динамика:

- возможные последствия (на примере мелких млекопитающих в Центральной Сибири // Успехи современной биологии. Т. 31. № 5. С. 435–442.
- Ивантер Э.В., 1975. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л.: Наука. 247 с.
- Ивантер Э.В., 2018. Очерки популяционной экологии мелких млекопитающих на северной периферии ареала. М.: Товарищество научных изданий КМК. 770 с.
- Ивантер Э.В., Коросов А.В., Якимова А.Е., 2015. Эколого-статистический анализ многолетних изменений численности мелких млекопитающих на северном пределе ареала (Северо-Восточное Приладожье) // Экология. № 1. С. 57–63.
- Ивантер Э.В., Макаров А.М., Крюкова С.А., 2017. Опыт статистического анализа многолетних изменений численности обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) на северной периферии ареала // Зоологический журнал. Т. 96. № 9. С. 1098–1105.
- Коросов А.В., 2002. Имитационное моделирование в среде MSExcel (на примерах из экологии). Петрозаводск: Изд. ПетрГУ. 343 с.
- Орлов В.А., Саранча Д.А., Шелепова Т.В., 1986. Математическая модель динамики численности популяции леммингов (*Lemmus*, *Dicrostomys*) и ее использование для описания популяций Восточного Таймыра // Экология. № 2. С. 43–51.
- Пузаченко Ю.Г., 2004. Математические методы экологических и географических исследований. М.: Академия. 411 с.
- Рикер У.Е., 1979. Методы оценки и моделирования биологических показателей. М.: Пищепромиздат. 123 с.
- Саранча Д.А., 1991. Экологические принципы // Биомоделирование. М.: ВЦ РАН. С. 156–176.
- Саранча Д.А., 1995. Биомоделирование. Материалы по количественной экологии. Математическое моделирование и биофизические аспекты. М.: ВЦ РАН. 139 с.
- Саранча Д.А., 1997. Количественные методы в экологии. Биофизические аспекты и математическое моделирование. М.: МФТИ. 283 с.
- Саранча Д.А., 2004. Математические модели экосистем. Неавтономные математические модели экологических систем. М.: Наука. 413 с.
- Фрисман Е.Я., 1991. Математическое моделирование и анализ механизмов популяционной динамики промысловых животных. Владивосток. 425 с.
- Hanski I., Henttonen H., Korpimäki E. et al., 2001. Small-rodent dynamics and predation // Ecology. V. 82. P. 1505–1520.
- Hansson L., 1989. Dynamics and trophic interaction of small rodents landscape or regional effects on spatial variation? // Oecologia. V. 130. P. 259–266.
- Hansson L., Henttonen H., 1989. Rodents, predation and wildlife cycles // Finnish Game Res. V. 46. P. 26–33.
- Henttonen H., Tasi J., Viitala J., Kaikusalo A., 1988. Ecology of cyclic rodents in northern Finland // Memoranda Soc. Fauna a. Flora Fennica. V. 25. P. 61–77.

A STATISTICAL ANALYSIS OF LONG-TERM CHANGES IN THE NUMBERS OF THE BANK VOLE, *CLETHRIONOMYS GLAREOLUS* SCHREBER, IN THE NORTHWEST OF ITS DISTRIBUTION AREA

E. V. Ivanter*

Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, 185035 Russia

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, 185910 Russia

*e-mail: ivanter@petrsu.ru

Changes in Bank vole numbers were analyzed based on long-term observations (1965–2014). Material (4925 specimens) was collected in Karelia using standard methods. That fundamental habitat was chosen to avoid the influence of succession changes on mammal numbers. Both autocorrelation and spectral (harmonic) analyses were applied. The study shows that the mechanisms of restraining the population growth start at the level of 2.2 s./100 cage-24 hours. Analyses of averaged data for the May–September period, as well as for the period of maximum abundance (August) yielded similar results. Correlation analysis revealed periodicity in temporal series, based only on groove capture data (4–6 years). Harmonic analysis showed 6- to 9-year long intervals in rodent numbers change. Recurrence was low in the conditions of Karelia, as well as over most of the distribution area. Analyses of changes in Bank vole abundance in a single fundamental forest type in August revealed a more evident frequency than those using generalized data covering different habitats.

Keywords: rodent, statistics, periodicity, cyclicity, population dynamics