



УДК 574.3:575.2

## Цикличность многолетнего хода численности в популяциях водяной полёвки (*Arvicola terrestris* L.)

Л. Н. Ермаков<sup>1,2</sup>, Ю. Н. Литвинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск

<sup>2</sup>Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

E-mail: [litvinov@eco.nsc.ru](mailto:litvinov@eco.nsc.ru)

**Аннотация.** Исследованы многолетние циклы численности водяной полёвки из различных географических популяций. Показано, что в динамике численности популяций имеются гармонические составляющие, образующие сложную кривую хода численности на шкале времени. Представление этого материала на частотной шкале позволяет выявить периоды и мощность этих периодических составляющих. Для получения сведений о цикличности могут быть использованы как результаты учётов животных, так и сведения о заготовках пушнины.

**Ключевые слова:** водяная полёвка, циклы численности, популяции, динамика, ландшафты, спектральный анализ.

### **Введение**

Анализ данных о результатах учёта какого-либо вида, соотнесённых со шкалой времени с одинаковым шагом измерения – обычный способ представления динамики процесса. Многолетняя динамика численности и до настоящего времени может описываться этим простым способом. Далее возможно её сравнение с другими динамическими процессами: чаще всего рассчитываются показатели корреляции, предполагая, что высокий коэффициент последней даст возможность утверждать наличие связи процессов.

Есть и другие пути анализа полученной и представленной этим способом информации о динамике численности. Можно проанализировать биологические ритмы популяции, скрытые в чрезвычайно сложной картине динамики её численности, т. е. предпринять хроноэкологическое\* исследование. Любая популяция демонстрирует сложную полипериодическую картину своей динамики. Практически очень редко удаётся найти популяцию, динамика которой описывается правильной или почти правильной синусоидой, обычно речь идет о множестве скрытых в причудливой кривой динамики численности периодических составляющих. Как правило, оценивают рас-

---

\* Хроноэкология – раздел экологии. Предмет изучения хроноэкологии – временная динамическая оценка совокупности периодических составляющих на популяционном уровне организации.

стояния между пиками на хронограмме, таким образом составляя визуальное представление о присущих динамике возможных циклах. Большинство циклов ещё в начале XX в. определены именно таким способом [16]. Накопленные данные о циклах численности различных видов животных собраны в сводке А. А. Максимова [6].

Наличие климатических и геофизических циклов, сходных по периоду с популяционными, позволило выдвинуть предположение о синхронизации колебаний численности погодными ритмами [3]. В настоящее время установлено, что временную организацию всех биологических систем характеризует спектр, то есть набор различных периодов с продолжительностью от минут до многих лет. Этот спектр обнаруживает значительное сходство со спектрами периодов, найденных в независимых космофизических исследованиях. Такое согласование во многих случаях можно было бы истолковать как синхронизацию биологических автоколебаний внешними датчиками времени [8]. Количество синхронизаторов различно для каждой популяции.

Синхронизация изменений численности со значимыми для популяции циклами природных факторов – это важная популяционная адаптация. Если в популяции нет эндогенного цикла для подстройки к необходимому ей колебанию среды, то такая подстройка становится проблематичной и даже вообще невозможной. Дополнительным подспорьем для адаптации может быть деление частоты. Тогда периодические составляющие, существующие в таком полипериодическом процессе, как динамика численности, могут налагаться друг на друга, будучи кратными. Описано, например, наложение полугодового ритма на фотопериод, что даёт устойчивый 3-летний ритм популяции [19]. Так появляются дополнительные популяционные ритмы и, соответственно, дополнительные возможности подстройки к колебаниям среды. Такие ритмы тоже могут затягиваться некоторыми природными циклическими процессами. Именно так популяция может адаптироваться к важным для неё внешним циклическим воздействиям.

Целью настоящей работы является установление популяционных циклов в многолетней динамике численности популяций водяной полёвки *Arvicola terrestris*.

### ***Материалы и методика***

Основой использованных данных стали сведения по заготовке шкурок водяной полёвки. Примером такого использования данных являются известные результаты статистической обработки заготовок пушнины североамериканской Компанией Гудзонова залива, когда была получена классическая кривая многолетних изменений численности рыси и американского зайца-беляка [9]. Данные заготовок животных, согласно общепринятому мнению, отражают ход численности вида во времени, особенно если эти заготовки массовые [12]. Тем не менее нужно ожидать и искажений. Например, при низкой численности может проявиться перепромысел дичи, когда интенсивность заготовок станет сильным влияющим на динамику численности фактором. Скорее всего, при пристальном изучении влияния заготовок на кар-

тину динамики численности можно выстроить целую систему предположений, и определить тем самым возможность использования такого материала для анализа динамики численности.

Для наших целей более важно оценить цикличность, а не изменение числа животных во времени. Поэтому использована разновидность обработки, связанная с преобразованием их частотного представления или спектра. Сведения о ходе заготовок мы перемещаем со шкалы времени на частотную шкалу. Это означает потерю практически всей информации о численности, но одновременно уточнение и проявление сведений о цикличности. Становится возможным получить картину скрытых гармонических составляющих динамики численности, их периодичности и мощности. Графическое изображение процесса представляет уже не хронограмму, а частотный спектр ритмов хода численности.

В качестве исходного материала для расчётов прежде всего были использованы содержащиеся в монографии [1] сведения по заготовкам шкурок полёвки в Томской области (1934–1982 гг.); в Купинском (1934–1973 гг.) и Венгеровском (1932–1975 гг.) районах Новосибирской области; в Горно-Алтайской автономной области (1933–1971 гг.). Используются опубликованные данные по многолетним заготовкам шкурок водяной полёвки на севере Европы и Азии. Сведения о заготовках шкурок на Европейском Севере взяты из монографии В. А. Соловьева [11], а в Якутии – из монографии Н. Г. Соломонова [12].

Для анализа привлечены также опубликованные Ю. Н. Литвиновым с соавторами [5; 17] данные по цикличности вспышек массового размножения водяной полёвки в Новосибирской области (1898–2010 гг.). Используются и собственные материалы, полученные на Ровенском стационаре Биологического института (ныне ИСиЭЖ СО РАН) в Центральной Барабе (1965–1988 гг.)

При проведении счётных операций мы пользовались программами спектрального анализа, находящимися в собственности ИСиЭЖ СО РАН. Все расчёты выполнены с использованием свободной системы для математических вычислений GNU Octave (<http://www.gnu.org/software/octave>; [http://ru.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Octave](http://ru.wikipedia.org/wiki/GNU_Octave)), которая использует язык высокого уровня и представляет интерактивный командный интерфейс для решения различных линейных и нелинейных математических задач (<http://www.gnu.org/software/octave>; [http://ru.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Octave](http://ru.wikipedia.org/wiki/GNU_Octave)). Оценка спектральной плотности мощности (СПМ) проводилась методом Уэлча (Welch) [18], в частности использовалась функция `pwelch` из пакета расширений Octave-Forge (<http://octave.sourceforge.net/signal/function/pwelch.html>) [18].

Для удобства работы пользователей был разработан интерфейс, позволяющий проводить обработку данных и обмен ими.

**Результаты и обсуждение**

Были построены спектры ритмов многолетнего хода численности для популяций водяной полёвки из трёх регионов Сибири: Барабинской низменности [17]; Томской области и Горного Алтая [6].

Полученные спектры имеют заметное сходство (рис. 1), хотя один из них описывает динамику популяций водяной полёвки в заболоченной Барабинской низменности, второй – в речных поймах таёжной Томской области, а третий – в горных районах Алтая. Мощности периодических составляющих в одинаковых полосах частот у них могут различаться, но периоды сохраняют сходство.

Если в Барабе доминирующим по мощности был примерно 10-летний цикл, то в Томской области преобладает примерно 12-летний (рис. 1, 1,2), а на Алтае основную мощность демонстрирует низкочастотный полувековой цикл (рис. 1, 3).

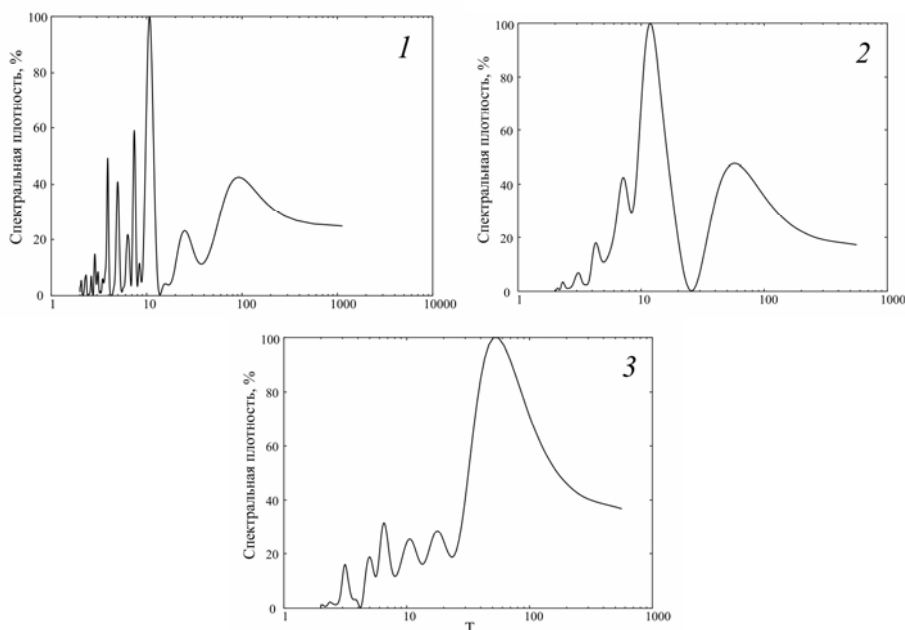


Рис. 1. Спектры циклов динамики численности в восточных популяциях водяной полёвки (1– Барабинская низменность, 2 – Томская область, 3 – Алтай)

При сравнении хода численности у северных популяций из Европы и Азии спектры многолетних ритмов также оказались похожими (что не удивительно, вид один). Здесь также при сходстве периодов различия касались их мощности (рис. 2). Если в Якутии доминировал по мощности примерно 5-летний популяционный цикл, то на Европейском Севере самым мощным оказался примерно 20-летний (см. рис. 2).

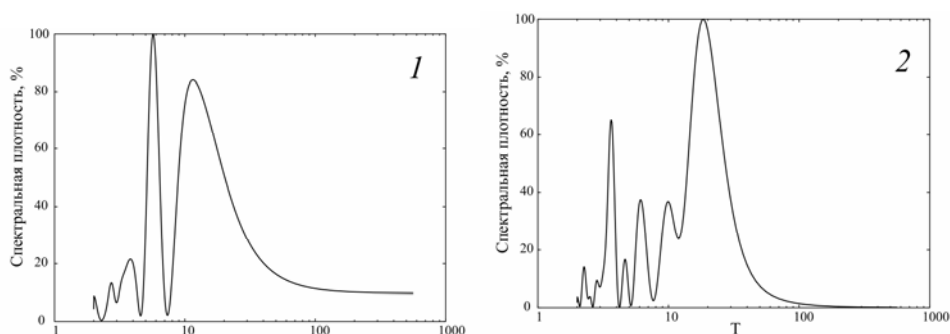


Рис. 2. Спектры циклов динамики численности в северных популяциях водяной полёвки (1 – Якутия, 2 – Европейский Север)

При сравнении цикличности в Барабинских популяциях становятся заметны различия. Наиболее полный спектр ритмов даёт самый длинный (обобщённый) ряд. При сравнении с ним различия проявляются только в том, что в разных районах популяция водяной полёвки реализует какую-либо из присущих ей низкочастотных гармонических составляющих динамики численности. На севере и в центре это 10–12-летние ритмы, а на юге – более низкочастотные. Различие может касаться и обычных для этого вида популяционных ритмов. Так, в центральных районах не проявлен 5–6-летний цикл присущий водяной полёвке (табл.). Общность цикличности в разных полосах частот значительно больше чем различия. Практически все популяционные циклы в средних и высоких частотах у Барабинских популяций оказываются общими (табл.).

Более широкое сравнение спектров популяционных циклов также выявляет как различия, так и общие черты.

Различие между северными и южными (Томская область, Бараба, Алтай) популяциями по спектрам ритмов численности состоит в отсутствии у северных низкочастотных циклов, а также циклов в полосе 7–8-летних частот (см. табл.).

Из циклов в полосе средних частот практически для всех популяций характерен 11–12-летний, описанный ещё А. А. Троицкой для волжско-камской популяции [14], далее этот цикл неоднократно описывали для популяций из Западной Сибири [1]. Постоянно проявляются обычные для полёвок примерно 3-летние и 7–8-летние циклы (см. табл.). И в южных и в северных географических популяциях проявляются 5–6-летние циклы. Что касается цикличности более низкочастотной, то в северной части Новосибирской области фиксируется 24-летний цикл, который отмечен и на большом ряду наблюдений, приведённом Ю. Н. Литвиновым с соавторами [17] (см. табл.).

На юге области выявлен более высокочастотный цикл – примерно 17-летний, близкий к нему имеется на Алтае и Европейском Севере. В литературе встречаются данные о том, что для цикличности численности, например у тетеревиных птиц, характерно увеличение периода цикла при пе-

ремещении на север [10]. Такая тенденция заметна при сравнении популяционной цикличности полёвки на севере и юге Новосибирской области (см. табл.).

Таблица

Соотношение величины и мощности периодических составляющих многолетней динамики численности в популяциях водяной полёвки

Территория		Период, лет								
		60–100	20–50	15–19	10–12	7–9	5,1–7	3–5	2–3,2	
Барабинская низменность	север	–	24,3 317	–	10,7 400	7,3 130	5,3 137	3,5 37	2,7	23
									2,4	13
	центр	–	–	–	12,4 71	7,2 164	–	4,3 85	2,7 72	
	юг	70,0 320	–	16,9 59	–	8,3 19	5,5 5,0	4,3	2,6	
								3,4	1,2	
	Общий ряд	93,3 1,6	24,9 0,9	–	10,8 3,9	7,4 2,3	4,9 1,6	6,3	2,8	
								0,8	0,6	
3,9								3,1		
1,9								0,3		
							3,5	2,6		
							0,2	0,2		
							2,3	0,3		
Томская область	–	56,0 6	–	11,9 13	7,1 5	–	4,2	3,0		
							2	0,9		
Алтай	–	50,9 795	18,0 226	10,5 202	–	6,5 250	5,0	2,0		
							149	10		
							3,1	2,3		
Якутия	–	–	–	11,4 1,07	–	5,7 1,27	3,8	2,7		
							0,27	0,16		
Европейский Север	–	–	18,7 608	10,0 224	–	6,1 227	4,7	2,8		
							101	57		
							3,6	2,2		
							397	85		

Примечание: верхняя цифра – период, год, нижняя – мощность (единицы спектральной плотности).

Сравнение цикличности в разных регионах (см. табл.) показывает, что 10–12-летние циклы, так же как 5–6- и 3–4-летние, характерны для любых популяций водяной полёвки. 7–8-летняя же цикличность выявлена только у сибирских популяций (см. табл.). Та же ситуация наблюдается и с ритмами, близкими к «брикнеровским», характерным для Западной Сибири. По климатическому описанию циклы Брикнера имеют период 26,5 лет [13]. Кроме этого можно выделить «брикнеровский» 20-летний, 15-летний цикл, а также высокочастотные колебания (7–8- и 5-летние циклы). К ним и подстраиваются северные и южные популяции в Барабе и в Томской области.

Независимо от нахождения популяции водяной полёвки всегда проявляют несколько близких по периоду циклов в 2–3-летней полосе частот.

По мощности эти гармонические составляющие невелики, но имеются всегда. Скорее всего, это подстройка к цикличности кормовой базы и цикличности влажности. Больших подъёмов и спадов численности с таким периодом популяции не достигают, но адаптируются к благоприятным изменениям среды. С такими периодами в литературе описаны циклы осадков, урожайности растений [2]. Известно, что в ходе температуры наиболее распространёнными являются циклы продолжительностью 2–4 года [4], описана и естественная цикличность увлажнения с периодами в 3–6 лет [15].

### *Заключение*

В динамике численности водяной полёвки имеются гармонические составляющие, суперпозиция которых и образует сложную кривую хода численности на шкале времени. Представление этого материала на частотной шкале позволяет выявить периоды и мощность этих периодических составляющих. Данными для такого представления могут служить как результаты учётов животных, так и сведения о заготовках пушнины.

Для всех изучаемых регионов построены спектры ритмов динамики численности водяной полёвки, рассчитаны её периодические составляющие и соотношения их мощностей.

Общие для всех исследуемых регионов популяционные циклы у водяной полёвки всегда находятся в определённых полосах частот. Обычно самые высокочастотные среди них 2–3- и 3–5-летние. В полосе средних частот обычны 10–12-летние гармонические составляющие.

Устойчивыми такие популяционные ритмы становятся, подстраиваясь к внешним ритмоводителям, которыми служат различные природно-климатические и геофизические циклы, важные для водяной полёвки.

Не постоянно, но достаточно часто в динамике численности могут проявляться циклы другой периодичности, например 78-летние. В некоторых регионах наблюдаются 16–19-летние и «брикнеровские» 20–25-летние ритмы численности. Они тоже обычны для этих грызунов, но становятся мощными, подстраиваясь, видимо, к местным природно-климатическим циклам, характерным для данной местности.

Можно предполагать, что различия касаются адаптаций ритмов к определённым географическим районам со своими характерными природно-климатическими циклами. Общность же определяется видовыми особенностями спектра ритмов численности у этого вида.

## Список литературы

1. Водяная полевка: Образ вида. – М. : Наука, 2001. – 527 с.
2. Дроздов О. В. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР / О. В. Дроздов, А. С. Григорьева. – Л. : Гидрометеоздат, 1971. – 316 с.
3. Биологические ритмы: особь, популяция, сообщество. Цикличность в живых системах / Л. Н. Ермаков. – Lambert Acad. Publ., 2011. – 152 с.
4. Коротина Е. Ф. Многолетние колебания температурного режима Южного Урала : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Е. Ф. Коротина. – Челябинск, 2002. – 23 с.
5. Литвинов Ю. Н. Структурные связи как элемент биоразнообразия в сообществах грызунов Северной Барабы / Ю. Н. Литвинов, В. В. Панов // Успехи совр. биологии. – 1998. – Т. 118, вып. 1. – С. 101–108.
6. Максимов А. А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз / А. А. Максимов. – Новосибирск : Наука, 1984. – 249 с.
7. Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл. – М. : Мир, 1990. – 584 с.
8. Мартынюк В.С. Биологические ритмы и электромагнитные поля среды обитания / В. С. Мартынюк, Б. М. Владимирский, Н. А. Темуриянц // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 2 (54). – С. 143–146.
9. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
10. Потапов Р. Л. Тетеревиные птицы / Р. Л. Потапов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1990. – 240 с.
11. Соловьев В. А. Водяная полевка (*Arvicola terrestris* Linnaeus, 1758) европейского Северо-Востока / В. А. Соловьев. – Сыктывкар : Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2006. – 180 с.
12. Соломонов Н. Г. Экология водяной полевки в Якутии / Н. Г. Соломонов. – Новосибирск : Наука, 1980. – 136 с.
13. Таранюк М. И. Исследование цикличности климата и мониторинг атмосферных процессов на территории юго-востока Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / М. И. Таранюк. – Томск, 2000. – 24 с.
14. Троицкая А. А. К материалам о роли солнечной активности охотничьих зверей / А. А. Троицкая // Численность животных и ее прогнозирование. – Киров : Изд-во ВНИИЛЗ, 1976. – С. 265–269.
15. Фефелов И. В. Динамика орнитофауны в дельте Селенги: экологические предпосылки, проблемы и перспективы / И. В. Фефелов // Вестн. Бурят. ун-та. Сер. 2, Биология. – 1999. – Вып. 2. – С. 40–51.
16. Формозов А. Н. Колебания численности промысловых животных / А. Н. Формозов. – М. : Л. : КОИЗ, 1935. – 108 с.
17. Цикличность популяции водяной полевки как фактор биоразнообразия в экосистемах Западной Сибири / Ю. Н. Литвинов [и др.] // Экология. – 2013. – № 5. – С. 383–388.
18. GNU Octave [Electronic resource]. – URL: <http://www.gnu.org/software/octave>.
19. Lehmann U. Circadian activity patterns, photoperiodic responses and population cycles in voles. II. Photoperiodic responses and population cycles / U. Lehmann, S. Halle // Oecologia. – 1967. – Vol. 71, N 4. – P. 573–576.



## The Periodicity of Long-Term Population Dynamics of Water Vole *Arvicola terrestris* L.

L. N. Erdakov<sup>1,2</sup>, Yu. N. Litvinov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk*

<sup>2</sup>*Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk*

**Abstract.** Long-term dynamics of the water vole population in different landscapes was studied. It is shown that the population dynamics of the water vole has harmonic components forming a complex curve. Presentation of the same material on the frequency scale (spectral analysis) reveals the cycle length and the power of periodic components. For spectral analysis can be used both the data on animal number and the information on fur purchases.

**Keywords:** water vole, population cycle, population dynamics, landscapes, spectral analysis.

*Ердаков Лев Николаевич  
доктор биологических наук, профессор  
Новосибирский государственный  
педагогический университет  
630126, г. Новосибирск, ул. Вилуйская, 28  
Институт систематики и экологии  
животных СО РАН  
630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11  
тел.: (383)217-06-33  
факс: (383)217-09-73  
e-mail: microtus@yandex.ru*

*Erdakov Lev Nikolaevich  
Doctor of Sciences (Biology)  
Professor  
Novosibirsk State Pedagogical University  
28, Vilujskaya st., Novosibirsk, 630126  
Institute of Systematics and Ecology  
of Animals SB RAS  
11, Frunze st., Novosibirsk, 630091  
tel.: (383) 217-06-33  
fax: (383) 217-09-73  
e-mail: microtus@yandex.ru*

*Литвинов Юрий Нарциссович  
доктор биологических наук  
заведующий лабораторией  
Институт систематики и экологии  
животных СО РАН  
630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11  
тел.: (383) 217-09-86  
факс: (383) 217-09-73  
e-mail: litvinov@eco.nsc.ru*

*Litvinov Yuri Narzissoovich  
Doctor of Sciences (Biology)  
Head of Laboratory  
Institute of Systematics and Ecology  
of Animals SB RAS  
11, Frunze st., Novosibirsk, 630091  
tel.: (383)217-09-86  
fax:(383)217-09-73  
e-mail: litvinov@eco.nsc.ru*