

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИКЛИЧНОСТИ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ ХВОЕГРЫЗУЩИХ ПИЛИЛЬЩИКОВ

Колтунов Е.В.¹, Ермаков Л.Н.²

¹ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург, kev@uran.ru;

²ФГОУ ВПО Новосибирский Государственный педагогический университет, Новосибирск, microtus@yandex.ru

Методом спектрального анализа Фурье изучены особенности многолетней цикличности вспышек массового размножения различных географических популяций хвоегрызущих пилильщиков: рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.), звёздчатого пилильщика-ткача (*Acantholydastellata* Christ.), обыкновенного соснового пилильщика (*Diprion pini* L.). У «Оренбургской» популяции рыжего соснового пилильщика доминировал 7-летний и 6-летний циклы. Субдоминантными были 16-летний и 2,6-летний циклы. У этого вида в лесах России преобладал 6,9-летний цикл, а также, 37-летний, 2,6 летний и 2,1-летний циклы. У «Европейской» популяции, благодаря длительному сроку наблюдений, были идентифицированы близкие к вековым циклы. Преобладали как уже отмеченный ритм, так и 13,6-летний, 6-летний и почти 10-летний. У «Оренбургской» популяции обыкновенного соснового пилильщика преобладали 30-летний, 7-летний и 3-летний циклы. У этой же популяции звёздчатого пилильщика-ткача доминировал низкочастотный 62-летний ритм. Хорошо выражены на его спектре и субдоминирующие циклы: 10- и 20-летние. Высокочастотные ритмы немногочисленны и незначительны по мощности. Межвидовые различия проявляются в том, что количество характерных цикличностей в составе спектра обыкновенного соснового пилильщика больше, чем у рыжего соснового пилильщика. Исходя из этого, можно предполагать, что диапазон адаптаций к колебаниям внешних факторов у обыкновенного соснового пилильщика шире. Особенностью спектральной структуры у звёздчатого пилильщика-ткача было преобладание по мощности низкочастотных ритмов. В целом, по спектральному составу наибольшее сходство выявлено у разных популяций внутри каждого вида пилильщиков, максимальное межвидовое сходство наблюдалось между рыжим сосновым пилильщиком и обыкновенным сосновым пилильщиком.

Ключевые слова: спектральный анализ Фурье, популяционная динамика, хвоегрызущие пилильщики.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CYCLICITY LONG-TERM OF CONIFER-CHEVING SAWFLIES POPULATION DYNAMICS

Koltunov E.V.¹, Erdakov L.N.²

¹Botanical Garden of Ural Branch RAS, Yekaterinburg, Ekaterinburg, Russia, evg_koltunov@mail.ru

²Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, microtus@yandex.ru

The characteristics of different geographical populations conifer-chewing sawflies long-term cyclicity outbreaks: European pine sawfly (*Neodiprion sertifer* Geoffr.), stellate sawfly-weaver (*Acantholydastellata* Christ.), common pine sawfly (*Diprion pini* L.) are studied with Fourier spectral analysis. There is dominated 7-year, and 6 years cycles at "Orenburg" populations of *Neodiprion sertifer* Geoffr. Subdominant were 16-years and 2.6 years cycles. This species in forests of Russia, prevailed 6.9-year cycle, following power were 37-year, 2.6 year and 2.1-year, cycles. At "European" population, due to long term observations, have been identified close to the secular cycles. Dominated, as already noted rhythm, and 13.6-year, 6-year and almost 10 years. At "Orenburg" populations of *Diprion pini* L. prevailed approximately 30-year, 7-year and 3-year cycles. At the same population stellate sawfly-weaver dominated low-frequency 62-years rhythm. There are well expressed in spectrum of its cycles and subdominant cycles: 10 and 20-years. High-frequency rhythms are few and small in capacity. Interspecies differences in the spectra are manifested primarily in fact that number of characteristic cyclicity in composition range of common pine sawfly was greater than that of European pine sawfly. On this basis, we can assume that range of adaptations to fluctuations in external factors in common pine sawfly wider. A feature of spectral structure in stellate sawfly-weaver, distinguishing it from other species, was predominance of power in low-frequency rhythms. In general, in spectral composition greatest similarity was found at different populations within each species of sawflies, maximum inter-species similarity was observed between European pine sawfly and common pine sawfly.

Keywords: Fourier spectral analysis, populations dynamic, conifer-chewing sawflies.

Одной из наиболее важных групп хвоегрызущих вредителей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) являются пилильщики. Среди них наиболее часто очаги массовых размножений наблюдаются у рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) и звёздчатого пилильщика-ткача (*Acantholyda stellata* Christ.). Обычны и очаги массового размножения у обыкновенного соснового пилильщика (*Diprion pini* L.). В ряде регионов особенности динамики вспышек массового размножения пилильщиков были сравнительно полно изучены [3,5,18,19]. Эта группа видов пилильщиков отличается исключительно высокой экологической пластичностью, холодостойкостью [10], что определяет их широкое распространение в северных широтах и, соответственно, расширение ареала. Особенно это характерно для рыжего соснового пилильщика. Высокая экологическая пластичность детерминирует высокую скорость и интенсивность отклика на фактор абиотического стресса (весенне-летние засухи) и, соответственно, высокую скорость адаптации популяции к благоприятным изменениям биохимического состава кормового субстрата (хвои). Важную роль играет и предпочтение к постоянно ослабленным насаждениям [10]. Отмечена также их способность к образованию комплексных очагов [4,14]. Причем, иногда в составе комплекса фитофагов более 2 видов пилильщиков [4,5]. Но при этом отмечена возможность конкуренции за места откладки яиц и кормовой субстрат [5]. Вследствие конкуренции сложные комплексные очаги пилильщиков через несколько лет трансформируются в очаги с преобладанием одного доминирующего вида [5]. Тем не менее на одной территории в основном наблюдаются вспышки массового размножения одного вида пилильщиков. Локальные очаги чаще имеют определенную пространственную изоляцию, а также различия в фазах вспышки. Общая способность к диапаузе способствует сохранению вспышечного потенциала и увеличению продолжительности вспышек.

Так как у всей группы этих пилильщиков наблюдается периодическое возникновение вспышек массового размножения, разных по интенсивности, площади очагов и продолжительности, то давно выявлена определенная цикличность вспышек [1,10]. Причем цикличность популяционной динамики невозможно описать простой синусоидой. Такие цикличности представляют собой суперпозицию нескольких циклов разной величины, поэтому результирующая кривая (динамика численности) оказывается очень сложной [11-13]. Ввиду важности этих видов пилильщиков в динамике лесных фитоценозов целесообразно детально изучить: какие именно циклы присущи динамике численности каждого вида, то есть описать весь спектр колебаний, характерный для численности каждого вида этих насекомых. Исходя из этого, целью нашей работы было выявление и сравнительный анализ спектров всех ритмов динамики численности у трех видов пилильщиков. В задачи исследования входило: вычисление и описание спектров ритмов динамики численности, характерных для каждого вида;

расчеты параметров: периодов гармонических составляющих динамики численности и их мощностей; сравнительный анализ спектров популяционной динамики пилильщиков, для оценки их видоспецифичности.

Материал и методика

Материалом для данного исследования послужили приводимые в литературе данные по многолетней динамики численности этих видов в России и за рубежом. Причем нами обрабатывались как материалы о вспышках численности этих видов на протяжении ближайших веков, взятые из исторических источников [1,15], так и данные учетов численности, проведенные в локальных очагах массового размножения пилильщиков.

По сосновым пилильщикам использованы: данные из исторических источников (1894–2000 гг.) по хронологии вспышек сосновых пилильщиков в Европе, представленные в монографии В.Л. Мешковой [15], а также обобщенные и дополненные исторические сведения о массовых размножениях насекомых в западном регионе (Европа) Е.Н. Белецкого [1]. Кроме того, данные по динамике очагов пилильщиков в лесах России получены из материалов Рослесхоза [17], по Оренбургской обл. [19].

Для обработки материала проводился анализ временных рядов традиционными счетными методами [6,7]. Для этого применяют методы, основанные на оценивании автокорреляционной функции или спектра ряда [2]. Такой анализ успешно применен для описания колебаний численности морского котика [9], для определения цикличности в динамике численности обыкновенной полевки [16] и при оценке цикличности в различных популяциях грызунов Барабы [8]. Эмпирически определяемые здесь параметры счета: шаг суммирования, длина автокорреляционной функции, форма и ширина корреляционного окна. Подробное описание техники счета биологических ритмов дано в предыдущих статьях [11-13]. Для расчетов использовались программы спектрального анализа, находящимися в собственности ИСиЭЖ СО РАН. Данные были обработаны методом Уэлча, окна: 8, 16, 24, с перекрытием 95 %. Отобраны наиболее устойчивые картины распределения спектральной плотности (мощности).

Результаты и их обсуждение

Результаты спектрального анализа позволили проанализировать как внутривидовые, так и межвидовые возможные различия в наборах ритмов. Прежде всего, мы сравнили для каждого вида пилильщиков спектры, рассчитанные по более чем вековому ряду наблюдений в Европе с короткими рядами наблюдений, локальных географических популяций в России.

Такое сравнение для обыкновенного соснового пилильщика показали, что доминирующий, примерно, 30-летний цикл, проявленный при наблюдениях в России [17], близок по частоте более чем 20-летнему – одному из самых мощных и на спектре объединенных данных по Ев-

ропе (рис.1,А,Б). Кроме того, на обоих спектрах наблюдаются мощные: 7-летние и 3-летние гармонические составляющие. Низкочастотные ритмы на спектре из России отсутствуют, возможно, в силу недостаточной длины ряда.

Для рыжего соснового пилильщика характерно наличие более чем 30-летней гармонической составляющей у популяций этого вида в лесах России и Европы, а доминирующими по мощности в обоих случаях являются примерно 7-летние цикличности (рис. 1 2,А,Б). И здесь тоже вековые и полувековые циклы, проявленные при наблюдениях в Европе, отсутствуют из-за недостаточной продолжительности наблюдений.

Сравнительный анализ спектров многолетней цикличности у каждого вида позволяет заметить, что все без исключения немногочисленные циклы, полученные по этим фитофагам в лесах России (30-летние ряды наблюдений), имеются и у соответствующего вида на спектре более чем вековых описаний динамики очагов. То есть большой ряд позволяет выявить полную картину ритмов вида (спектра), на коротком же можно обнаружить только некоторые периодичности, характерные для данной территории, что соответствует ранее высказанному предположению о том, что в каждой местности из всего диапазона ритмов, наиболее проявлены те, которые служат для адаптации к локальным климатическим условиям [11-13].

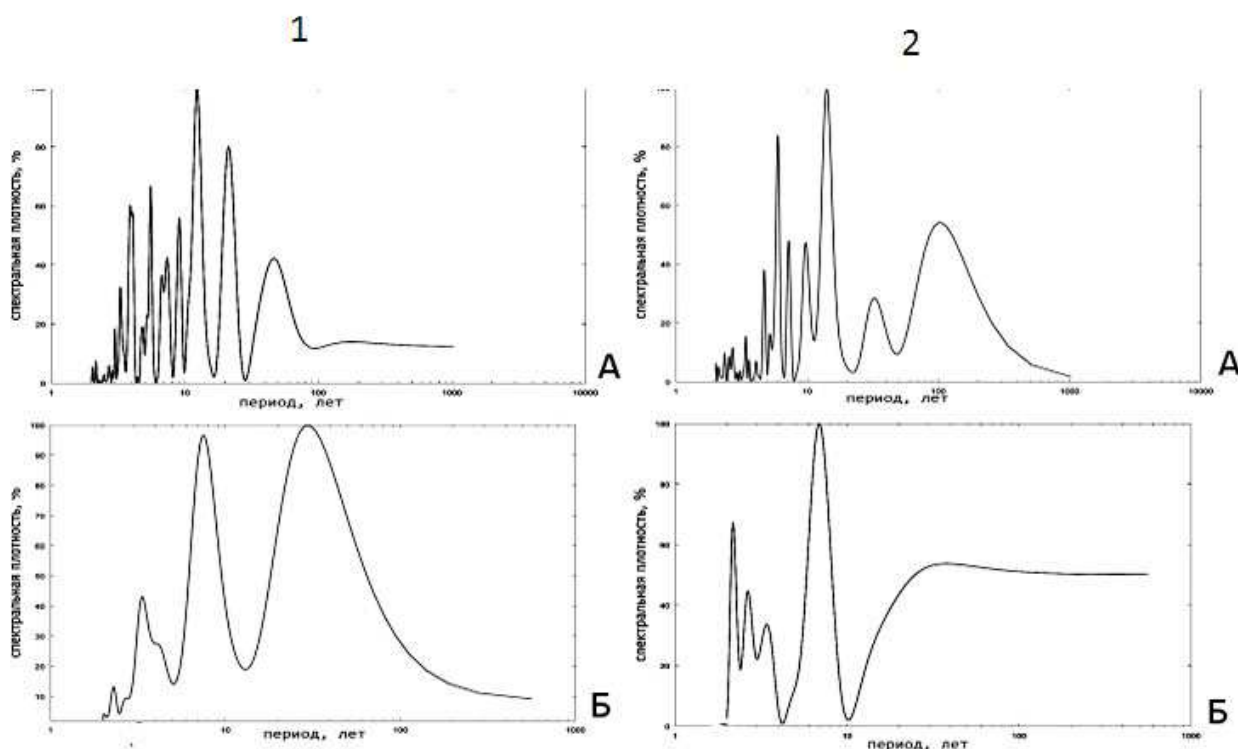


Рис. 1. Спектральный анализ многолетней динамики численности обыкновенного (1) и рыжего (2) сосновых пилильщиков в Европе (А) и на территории России (Б)

Кроме того, нами проведен спектральный анализ многолетней динамики популяции рыжего соснового пилильщика в лесах Оренбургской области. Продолжительность наблюдений была достаточно велика (59 лет). Как показали результаты, наибольшим по мощности в спектре

ритмов численности оказался тот же, близкий к 7-летнему цикл. Особенностью спектра «Оренбургской» географической популяции этого фитофага были субдоминантные по мощности циклы в 13–17-летней полосе частот, а также 6-летний. Оба эти цикла хорошо проявлены и на спектре европейского ряда, но отсутствуют на спектре, обозначенном как Российский (рис. 1). Это еще одно подтверждение как наличия широкого диапазона цикличностей у вида, так и выборочного проявления тех или иных циклов при адаптации к конкретной территории.

Межвидовое сравнение сосновых пилильщиков по цикличности их многолетней динамики численности дает возможность найти как различия, так и сходство этих характеристик. Как показали результаты, межвидовые различия спектров проявляются, прежде всего, в том, что количество характерных цикличностей в составе спектра обыкновенного соснового пилильщика было больше, чем у рыжего соснового пилильщика. Исходя из этого, можно предполагать, что диапазон адаптаций к колебаниям внешних факторов у обыкновенного соснового пилильщика шире. Достигается это дифференцировкой ритмов в полосе средних частот. У рыжего соснового пилильщика в этой полосе имеется небольшой по мощности, примерно 30-летний цикл, тогда как у обыкновенного соснового пилильщика здесь два хорошо дифференцированных и очень мощных ритма в соседних полосах частот: 4- и 20-летней (табл. 1). В остальном спектры ритмов этих сосновых пилильщиков очень близки между собой.

Исходя из этого, можно предполагать, что, как у обыкновенного соснового пилильщика, так и у рыжего соснового пилильщика основные гармонические составляющие многолетней популяционной динамики совпадают, независимо от продолжительности и места наблюдений. В то же время между этими видами имеется значительные различия в спектрах многолетних ритмов. Мы считаем, что это совпадение внутри вида и различия между видами может быть основой для обоснования видоспецифичности (в данном случае – родоспецифичности) спектров.

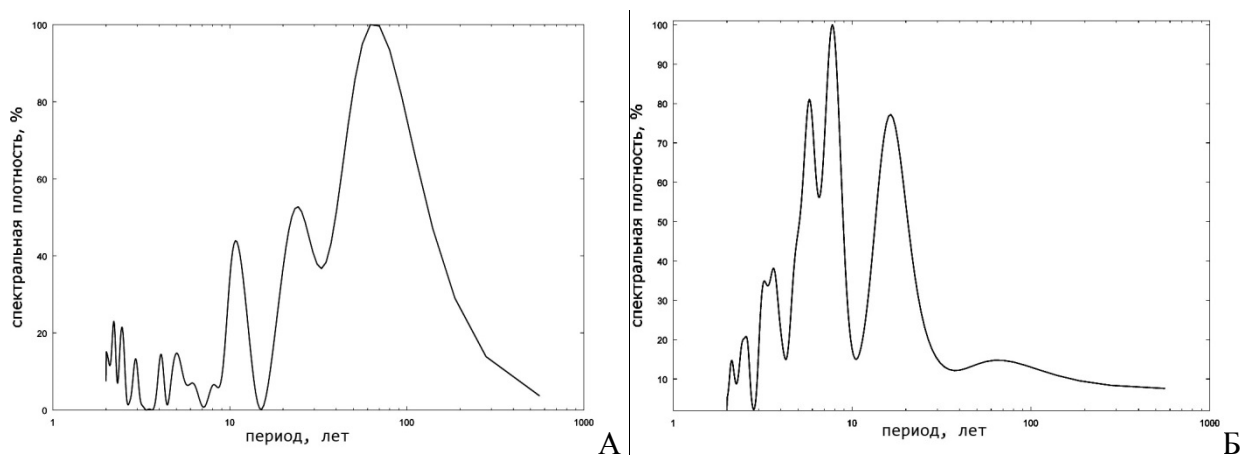


Рис. 2. Спектр циклов многолетней динамики численности звездчатого пилильщика-ткача (А) и рыжего соснового пилильщика (Б) в лесах Оренбургской области (1955–2013 гг.)

Результаты спектрального анализа динамики численности двух далеких в систематическом отношении видов пилильщиков дали возможность рассчитать спектры ритмов численности (рис. 2). Появилась возможность сравнения видов пилильщиков, различающихся таксономически, уже на уровне семейств (*Diprionidae*, *Pamphiliidae*). Как показали результаты, представитель другого семейства – звездчатый пилильщик-ткач имеет своеобразный спектр периодических составляющих многолетней популяционной динамики (рис. 2, А).

Сравнительный анализ спектров у «Оренбургских» географических популяций этих фитофагов проводился на одном и том же отрезке времени (1955–2013 гг.). Прежде всего, спектр ритмов численности звездчатого пилильщика-ткача не похож на таковой у обитающего здесь же рыжего соснового пилильщика (рис. 2 А,Б). У звездчатого пилильщика-ткача доминирует низкочастотный, более чем полувековой ритм численности. Хорошо выражены на спектре его цикличности и субдоминирующие циклы: 10- и 20-летние. Высокочастотные ритмы, столь многочисленны и мощные у других видов пилильщиков, на спектре этого вида немногочисленны и незначительны по мощности (рис. 2 А). У рыжего соснового пилильщика, обитающего на этой же территории, совершенно отсутствует 10-летний ритм, а доминирует обычный для этого вида 7-летний (рис. 2 Б). Последний характерен и для обыкновенного соснового пилильщика, то есть отличает сосновых пилильщиков от звездчатого пилильщика-ткача. При сравнении его спектра со спектром обитающего здесь же рыжего соснового пилильщика заметны значительные различия как в периодах циклов, так и в их мощности (рис. 2 А,Б). Можно отметить, что спектры сосновых пилильщиков заметно более сходны между собой по наборам периодических составляющих, чем любой из них со спектром ритмов звездчатого пилильщика ткача. Видимо, это естественное следствие таксономических различий, когда межродовые отличия оказываются меньшими, чем различия между семействами.

Как показали результаты, звездчатый пилильщик-ткач отличается от обоих предыдущих видов (табл. 1). Сравнительный анализ спектров ритмов сосновых пилильщиков с таковым у звездчатого пилильщика-ткача показывает значительно большие различия. У пилильщика-ткача основной по мощности цикл – более чем 60-летний. Не имеет этот пилильщик и обычной для сосновых пилильщиков цикличности в 12–13 летней полосе частот. Брикнеровский цикл у него проявлен, как у обыкновенного соснового пилильщика. Остальные периодические составляющие его спектра близки к таковым у сосновых пилильщиков.

Значения периодов и мощностей циклов динамики численности трех видов пилильщиков в
Европе и на территории России

Период, лет Регион	100- 200	40-65	20-35	12-18	7-10	5- 6,9	3,5- 4,9	2,6-3,6	2-2,5
Рыжий сосновый пилильщик									
Россия[17]			37.3 197			6.9 368		3.2 105 3.4 124	2.1 248
Оренбургская обл. [19]		62.2 44		16.4 233	7.7 301	5.7 244	3.6 115	2.6 164 2.5 62	2.1 44
Европа [15]	113.3 0.92		30.0 0.42	13.6 0.77	9.6 0.53	5.6 0.28 6.8 0.19	4.6 0.12	3.4 0.15 2.9 0.17	2.4 0.11 2.2 0.15
Европа [1]	102.0 1.81		32.9 0.95	13.9 3.34	9.7 1.58 7.2 1.60	5.9 2.80	3.6 0.25 4.7 1.27	3.4 0.51 2.7 0.39	2.5 0.29 2.3 0.32
Обыкновенный сосновый пилильщик									
Россия[17]			29.4 694		7.4 670			3.3 298	2.2 91
Европа [1]	170.0 0.35	46.3 1.08	21.2 2.05	12.2 2.55	9.1 1.43 7.3 1.08	5.5 1.70 6.7 0.93	4.8 0.48 4.0 1.48 3.9 1.53	3.2 0.83 3.0 0.46 2.7 0.15	2.1 0.18 2.0 0.14
Звездчатый пилильщик-ткач									
Оренбургская обл.[19]		62.2 187	24.3 98	10.7 82		6.1 13 5.0 27	4.0 27	2.9 24	2.4 40 2.2 43

Примечание: верхняя цифра, период, нижняя – мощность (ед. спектр. плотности).

Сходство ритмов численности у этих трех видов состоит, прежде всего, в том, что все они имеют множество одинаковых по частоте гармонических составляющих в своей численности в области высоких частот, причем у всех, кроме звездчатого пилильщика-ткача, такие циклы обладают значительной мощностью.

Итак, спектры ритмов всех трех видов пилильщиков имеют как различия, так и сходство. Для уточнения этого мы сопоставили данные величин и мощностей периодических составляющих по каждому виду (табл. 1). Рыжий сосновый пилильщик имеет доминирующими либо столетние, либо 30-летние циклы. Спектр этого вида при обработке длинного ряда данных имеет множество гармонических составляющих. Некоторые из них проявляются и на

более коротких рядах наблюдений. Так, в России проявлен 30-летний цикл, а доминирует 7-летний. В Оренбургской области своеобразие условий создает возможность проявления 7-летней цикличности, а так же, как и в Европейской части, присутствует и мощный цикл в 12–17-летней полосе частот (табл. 1). Здесь же имеется незначительный по мощности 60-летний ритм численности. Наложение его на имеющийся, тоже маломощный, 2-летний может дать близкий к самому низкочастотному (вековому) циклу, характерному для пилильщика в Европейской части. Спектр ритмов обыкновенного соснового пилильщика заметно отличается от других присутствием небольшого по мощности почти 200-летнего цикла динамики численности и довольно мощного, примерно 40-летнего цикла (табл. 1). На обобщенном спектре этого вида в лесах России (относительно коротком временном ряду) эти цикличности не проявлены, но хорошо заметна более чем 20-летняя гармоническая составляющая в той же частотной полосе, что и на спектре, описанном для Европы.

Как показали сравнительные результаты, спектры ритмов численности у обыкновенного и рыжего сосновых пилильщиков (Российская Федерация, Оренбургская область) очень близки (табл. 1). К настоящему времени не совсем ясно: чем определяется такая близость, но при сравнении спектров двух видов пилильщиков, полученных из наблюдений одних авторов и на одних и тех же территориях, также заметна близость этих характеристик. Для обоих видов характерен цикл в 62,2 года. Различаются они только по мощности. У звездчатого пилильщика-ткача эта цикличность доминирует, а у рыжего соснового пилильщика – лишь незначительно проявлена. Для обоих видов характерны высокочастотные ритмы, начиная с 5-летней полосы частот. Однако у рыжего соснового пилильщика в составе спектра доминирует 7-летний ритм, отсутствующий у звездчатого пилильщика-ткача (табл. 1). У последнего имеется мощный близкий к брикнеровскому ритм численности (24,3 года), а у рыжего соснового пилильщика он отсутствует. Так что различия в цикличности у этих видов на одной территории следует признать значительными.

Выводы

Для трех видов пилильщиков были определены периодические составляющие многолетней популяционной динамики, суперпозиция которых и дает сложную кривую их многолетнего хода численности. Нами было проведено вычисление и описание спектров ритмов динамики численности, характерных для обыкновенного и рыжего сосновых пилильщиков, а также для звездчатого пилильщика-ткача. Полученные спектры различаются между собой более значительно, чем такие же спектры, рассчитанные для каждого вида при наблюдении их на разных территориях. Каждый из них имеет многочисленные периодические составляющие, значения и мощность которых заметно различаются. Наибольшее количество периодических составляющих имеется на спектре ритмов обыкновенного соснового пилильщика. Обычно преоб-

ладающими по мощности здесь выступают 12-летний и кратный ему брикнеровский циклы. Кроме того, он имеет и более чем 150-летний ритм.

Рыжий сосновый пилильщик тоже имеет широкий диапазон гармонических составляющих с преобладающей по мощности, примерно 14-летней, характерен для него также и очень мощный вековой ритм. Звездчатый пилильщик-ткач не показал вековых периодических составляющих. Особенностью его спектра было преобладание в мощности низкочастотных ритмов. Доминирование по мощности имеют 60-, 24- и 10-летние ритмы. В целом, по спектральному составу наибольшее сходство выявлено у разных популяций внутри каждого вида пилильщиков, максимальное межвидовое сходство наблюдалось между рыжим сосновым пилильщиком и обыкновенным сосновым пилильщиком. Звездчатый пилильщик-ткач по этому параметру в наибольшей степени отличается от обоих предыдущих видов.

Список литературы

1. Белецкий Е.Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование: монография. – Харьков: Майдан, 2011. – 172 с.
2. Бриллинджер Д. Временные ряды. – М.: Мир, 1980. – 536 с.
3. Гниненко Ю.И. Звёздчатый пилильщик-ткач *Acantholydastellata* Christ. в Северном Казахстане // Агролесомелиорация в Казахстане. – Алма-Ата: Кайнар, 1983. – С. 133-137.
4. Гниненко Ю.И., Серый Г.А. Массовые размножения хвоегрызущих и иных вредителей сосны в лесах Волгоградской области во второй половине XX века // Защита леса от вредителей и болезней. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2003. – С. 21–32.
5. Гниненко Ю.И., Серый Г.А. Комплексы хвоегрызущих пилильщиков в сосняках Нижнего Поволжья // ЛІСІВНИЦТВО І АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ. – Харків: УкрНДІЛГА, 2009. – Вип. 116.
6. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир 1971. – 317 с.
7. Ермаков Л.Н. Биологические ритмы и принципы синхронизации в экологических системах (хроноэкология). – Томск, Изд. ТГУ. – 1990. – 216 с.
8. Ермаков Л.Н. Биологические ритмы: особь, популяция, сообщество. Цикличность в живых системах. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 152 с.
9. Колесник Ю.А., Тимофеева А.А., Поныкалов В.Г., Чупахина Т.Н. Корреляционный и спектральный анализ динамики численности морского котика острова Тюлений (Охотское море) // Зоол.ж. – 1978. – Вып. I. – С. 115-124.
10. Коломиец Н.К., Воронцов А. И., Стадницкий Г. В. Рыжий сосновый пилильщик. – Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1972. – 148 с.

11. Колтунов Е.В., Ердаков Л.Н. Спектральный анализ многолетней динамики вспышек массового размножения непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) на Урале // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; <http://www.science-education.ru/108-8625>.
12. Колтунов Е.В., Ердаков Л.Н. Особенности цикличности многолетней динамики вспышек массового размножения различных географических популяций сибирского шелкопряда (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.) в Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; <http://www.science-education.ru/113-11003>.
13. Колтунов Е.В., Ердаков Л.Н. Цикличность в многолетней динамике численности шелкопряда-монашенки (*Lymantria monacha* L.) в Зауралье. Евразийский энтомологический журнал, 2013, 12(6): С. 587–593.
14. Кулагин А.Ю., Симоненкова В.А. Экологические особенности основных филофагов лиственных и хвойных лесообразователей Южного Предуралья // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 127-133.
15. Мешкова В.Л. Історія масових розмножень комах-хвоєлистогризів. – Харків: Майдан, 2002. – 243 с.
16. Николов Х. М. Статистическое определение цикличности в динамике численности обыкновенной полевки в луговой степи Центрально-черноземного заповедника // Мат. 12 конф. молод. учен. биофак МГУ. – М., 1981. – С. 10-13.
17. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов на землях лесного фонда Российской Федерации за 2008 г. Росс. Центр защиты леса. – Пушкино, 2009. – 96 с.
18. Серый Г.А. Роль энтомофагов в очагах массового размножения пилильщиков-ткачей в Волгоградской области // Бюллетень № 8 постоянной комиссии по биологической защите леса «Вопросы биологической защиты леса». – Пушкино: ВПРС МОББ, 2009. – С. 91-93.
19. Симоненкова В.А., Колтунов Е.В. Особенности динамики очагов массового размножения хвоегрызущих вредителей в лесах Южного Предуралья // Известия ОГАУ. – 2013. – С. 213-217.

Рецензенты:

Усольцев В.А., д.с.-х.н., профессор, профессор Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург;

Менщиков С.Л., д.с.-х.н., заведующий лабораторией экологии техногенных растительных сообществ ФГБУН «Ботанический сад Российской академии наук», г. Екатеринбург.