

ОСОБЕННОСТИ ЦИКЛИЧНОСТИ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ВСПЫШЕК МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА (*DENDROLIMUS SUPERANS SIBIRICUS* TSCHEV.) В СИБИРИ

Колтунов Е.В.¹, Ермаков Л.Н.²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад Уральского отделения Российской Академии наук (620144, Екатеринбург, ул. 8 марта, 202, E-mail:kev@uran.ru)

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук (ИСиЭЖ СО РАН) (630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, microtus@yandex.ru)

Методом спектрального анализа исследованы особенности цикличности многолетней динамики вспышек массового размножения различных географических популяций, сибирского шелкопряда (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv), обитающих на территории Томской обл., Якутии, Красноярского края, Алтая. У популяции сибирского шелкопряда в Томской области, благодаря значительной длине ряда наблюдений, удалось выявить самый большой диапазон циклов популяционной динамики. Среди них доминировали среднечастотные циклы: 16,6-летний, 26,3-летний и 40. Выявлены также 270 и 83-летний циклы и много высокочастотных ритмов. В лесах Красноярского края доминировали 14-15-летние и 10-12-летние циклы. На Алтае у этого вида хорошо проявлены всего 2 цикла (20-летний и 4,9-летний). Они практически кратные друг другу, и, скорее всего, низкочастотный ритм получается при сложении высокочастотного каждые 4 года. В Якутии наблюдается явное доминирование 85-летнего цикла, 30-летнего и 12,8-летнего над остальными. Мы предполагаем, что доминирование двух самых длинных циклов в этой популяции обусловлено большей суровостью климатических условий. Как показали результаты, в каждом регионе популяция сибирского шелкопряда проявляет повышенную мощность тех или иных внутренних ритмов из того спектра, который она потенциально имеет. Следовательно, сибирский шелкопряд исходно обладает одинаковым видовым спектром ритмов, с помощью которых он подстраивается к местным климатическим колебаниям. Именно поэтому большой набор ритмов на видовом спектре детерминирует наибольшие возможности у сибирского шелкопряда к адаптации к широкому диапазону климатических циклов для реализации своей жизненной стратегии.

Ключевые слова: сибирский шелкопряд, вспышки массового размножения, брикнеровский цикл, спектр ритмов, циклы, ритмы, колебания.

THE FEATURES OF SIBERIAN MOTH (*DENDROLIMUS SUPERANS SIBIRICUS* TSCHEV.) OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL POPULATIONS OUTBREAKS OF A MULTI-YEAR CYCLICAL DYNAMICS IN THE SIBERIA

Koltunov E.V.¹, Erdakov L.N.²

¹Botanical Garden Ural Department of Russian Academy of science

²Institute of Animal Systematics and Ecology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

The features of Siberian moth (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv) of different geographical populations out-breaks of a multi-year cyclical dynamics living on the territory of Tomsk region, Yakutia, Krasnoyarsk region, the Altai studied by of spectral analysis method. In the Siberian moth populations in the Tomsk region, thanks to the considerable length of a set of observations, it was possible to identify the greatest range of population dynamics cycles. Among them was dominated by midrange cycles: 16.6 years, 26.3, and 40 years. We identified, also, 270, and 83 -year cycles and a lot of high-frequency rhythms . In the forests of Krasnoyarsk region dominated 14-15 and 10-12 years cycles. In the Altai, this species is well manifested only 2 cycles (20 year and 4.9 year). They are almost multiples of each other and most likely low-frequency rhythm is obtained by adding a high-frequency every 4 years. In Yakutia, there is a clear dominance of 85 -year cycle, 30 years and 12.8 years over the rest. We suggest that the dominance of the two longest cycles in this population due to the greater severity of climatic conditions. The results showed that in every region of the Siberian moth population exhibits increased power of some of the internal rhythms of the spectrum that it potentially has. Consequently, the Siberian moth species initially has the identical spectrum of rhythms with which he adapts to the local climatic fluctuations. That is why, a large set of rhythms at the species spectrum determines the greatest opportunity of the Siberian moth to adapt to a wide range of climatic cycles, to realize their life strategy.

Keywords: Siberian moth, outbreaks, Brickner's cycle, the range of rhythms, cycles, rhythms, fluctuations.

Сибирский шелкопряд является наиболее опасным вредителем лесов в Сибири и на Дальнем Востоке [11, 5]. За 50 лет общая площадь усохших в результате дефолиации этим фитофагом крон древостоев составила 13 млн. га [11]. Периодичность вспышек массового размножения сибирского шелкопряда изучается в течение многих десятилетий, но метод их графического анализа позволяет идентифицировать лишь визуализированные циклы. В то же время, как показано нами ранее [4], ряд других видов лесных насекомых-фитофагов с высоким биотическим потенциалом имеет очень широкий набор скрытых циклов, которые не визуализируются на графике динамики численности. Их роль заключается в «подстройке» популяционной динамики к имеющимся циклам климатических колебаний (например, засух), которые отличаются в разных географических условиях. При этом цикличность засух в данном районе может заметно отличаться от набора циклов популяционной динамики лесных насекомых-фитофагов, полученного из анализа почти векового ряда наблюдений популяционной динамики насекомых [4]. То есть набор циклов климатических колебаний может быть меньше, чем количество скрытых гармонических составляющих популяционной динамики.

Исходя из этого, целью исследований была проверка гипотезы о том, что популяционная цикличность всегда имеет множество периодических составляющих и в каждом местообитании популяция использует для подстройки к условиям локальных местообитаний только часть имеющихся ритмов. Тогда сибирский шелкопряд исходно имеет одинаковый спектр скрытых циклов, с помощью которых и происходит подстройка к циклам климатических колебаний, отличающихся в разных географических условиях.

Объектом исследования были данные по многолетней динамике вспышек массового размножения различных географических популяций сибирского шелкопряда в Сибири. Это популяции в Томской области, Красноярском крае, Якутии и Алтайском крае.

Материал и методы

Ряды многолетней динамики вспышек массового размножения географической популяции этого фитофага в Красноярском крае получены на основе данных А.С. Рожкова [11], А.П. Кондакова [5] и данных ФГУП «Рослесозащита». Материалы по Якутии и Алтайскому краю сформированы на основе данных А.С. Рожкова [11] и ФГУП «Рослесозащита». Данные по динамике очагов Кеть-Чулымского междуречья Томской области получены методом дендрохронологической реконструкции А.А. Агеевым [1].

Для выявления скрытых колебаний численности сибирского шелкопряда был использован анализ временных рядов [10]. Эмпирически определяемыми параметрами были: шаг суммирования, длина автокорреляционной функции, форма и ширина корреляционного окна. В результате на спектре происходит визуализация распределения функции спектральной плотности, в каждой точке которой она соответствует средней мощности в полосе частот

определенной ширины – «пик на спектре». Временные ряды популяционной динамики вспышек исследовались на наличие скрытых гармонических составляющих. При проведении анализа временных рядов многолетней динамики вспышек мы пользовались программами 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 обсуждение

Наиболее длинный ряд наблюдений многолетней динамики вспышек массового размножения сибирского шелкопряда, которым мы располагаем, [1] получен в Томской области – 235 лет (1722-1957). На спектре, рассчитанном по этому ряду, было идентифицировано много периодических составляющих. Среди них доминируют 16-17-летний ритм и близкие к нему 25- и 40-летние циклы (рис.1). Ниже по мощности регистрируются пики в зоне средних частот – 6-12-летние, а также и самые низкочастотные – вековые (рис.1). Кроме этого, в составе спектра идентифицированы много маломощных циклов в области высоких частот – 5-8-летних и еще большее количество еще менее мощных циклов 2-3-летнего диапазона.

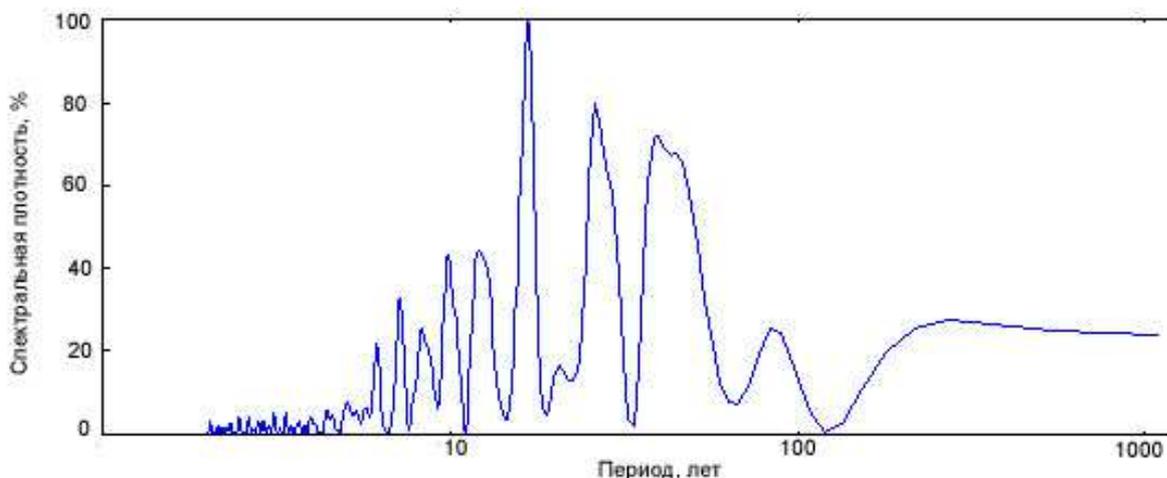


Рис.1 Спектр ритмов многолетней динамики вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в Кеть-Чулымском междуречье Томской области

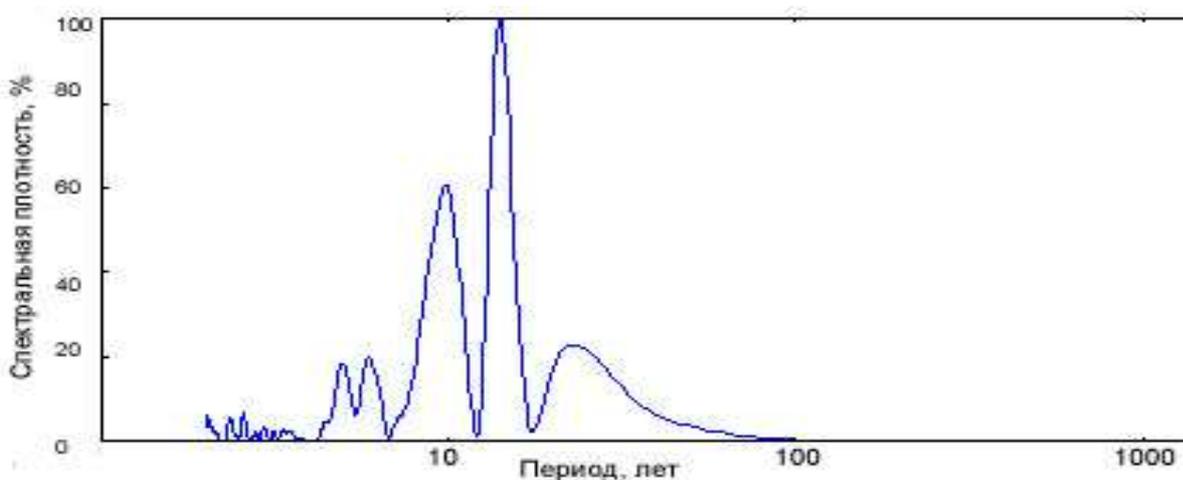


Рис.2. Спектр ритмов многолетней динамики вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края

По Красноярскому краю ряд наблюдений был заметно меньше – 135 лет (с 1878 по 2013 гг.). Здесь анализ цикличности многолетней динамики вспышек массового размножения сибирского шелкопряда выявил семь популяционных циклов. Наиболее мощным из них был 14-летний, следующим по мощности 10-ти летний а, затем – 30-летний. Более чем вдвое ниже по мощности оказались 8- и 5,1-летние циклы (рис. 2). Для популяции сибирского шелкопряда в Якутии срок наблюдений составил 63 года. Основными периодическими составляющими у этой популяции оказались низкочастотные циклы (рис. 3). Наибольшие и почти равные по мощности здесь были 80-летний и 26-летний циклы. В средних частотах отмечены заметные по мощности 8-12-летние гармонические составляющие. Среди высокочастотных ритмов, а их множество, наибольшей мощностью обладают 3-4-летние пики (рис 3).

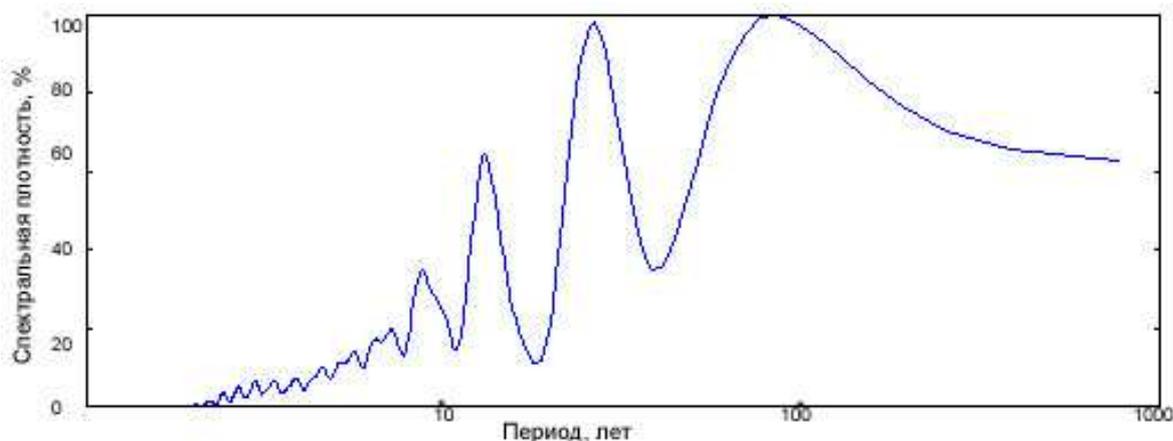


Рис.3. Спектр ритмов многолетней динамики вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в лесах Якутии

У алтайской географической популяции сибирского шелкопряда временной ряд популяционной динамики составил 23 года. На этом коротком отрезке времени удалось выявить всего два цикла. Наиболее мощным из них был примерно 20-летний, и заметно меньшим – 4,9-летний цикл (рис. 4). Оба характерны для этого вида.

Для удобства сравнения данных по цикличности на разных территориях мы рассчитали значения мощностей периодических составляющих для каждого спектра (табл. 1). Это позволило сравнивать циклы в разных полосах частот и устанавливать в каждом пункте наблюдений наиболее мощные из них, т.е., вероятно, особенно значимые для популяции.

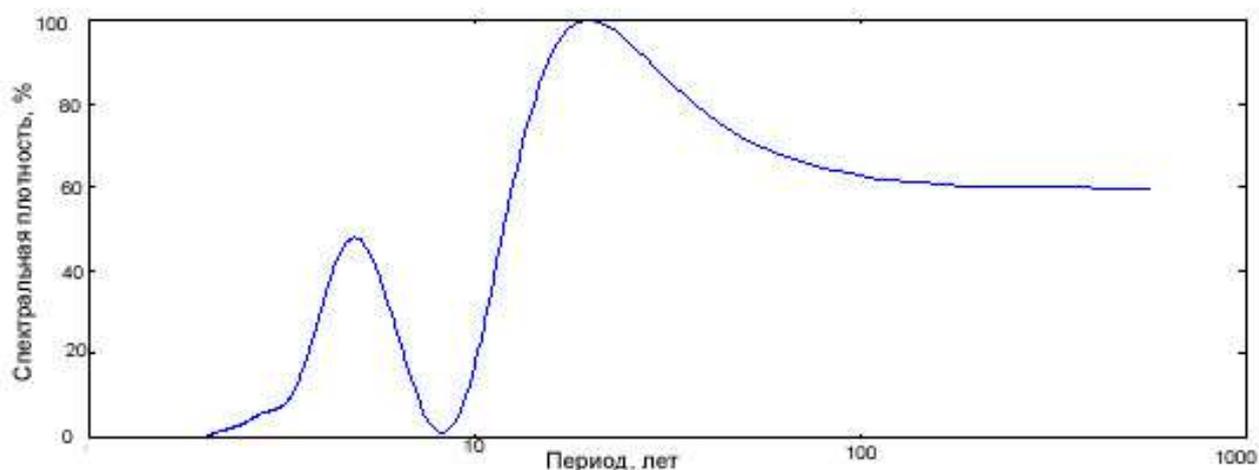


Рис.4. Спектр ритмов многолетней динамики вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в лесах Алтайского края

У популяции этого фитофага в Томской области, благодаря значительной длине ряда наблюдений, удалось выявить большой диапазон присущих этому виду циклов популяционной динамики. Наиболее мощные из них находятся в зоне средних частот. Примерно 17-летняя цикличность в этом районе может сохранять устойчивость, благодаря синхронизации с различными природными циклами близкими по периоду. Один из таких ритмов известен, это 15-17-летняя цикличность магнитного поля Земли [12]. Внутривековой «брикнеровский» климатический цикл, который колеблется от 20-30 лет [15], может служить синхронизатором второму по мощности ритму популяции сибирского шелкопряда. В Томской области он имеет период обычно 26,5 года [13]. То же относится и к 35-45-летнему ритму изменчивости климата [7, 8].

Большое разнообразие довольно значительных по мощности циклов в средней полосе спектра дает возможность подстраиваться ко многим изменениям природной среды. Такие циклы известны. Это 10-12-летние колебания осадков [3], 2-4- и 7-9-летние температурные циклы [6], 5-7-летние периодичности суровости зим [2]. Все это разнообразие может модулироваться также характерными для сибирского шелкопряда 80-летними и почти 300-летними ритмами. Они известны как многовековые климатические циклы [9]. Можно предположить, что на спектре ритмов, полученном из этого большого ряда наблюдений, проявлен практически весь потенциал возможных цикличностей для этого вида.

Второй по величине ряд данных из Красноярского края продемонстрировал на спектре уже не все ритмы. Причем если отсутствие 300-летнего цикла из-за недостаточного по длине ряда данных было вполне очевидным, то некоторые более короткие колебания не были выявлены. Мы считаем, что их отсутствие связано с природно-климатическими условиями. Можно предполагать, что в данной местности не проявлена, например, 40-летняя цикличность, вместо 40-летнего присутствует 26-летний цикл. Поэтому местная географическая по-

пуляция синхронизирует свой брикнеровский цикл, растягивая его до 30-летнего, а 40-летний не проявляется, так как его устойчивость в этой местности не поддерживает ни один из природных ритмов.

Таблица 1 Соотношение периодов и мощностей циклов в динамике численности сибирского шелкопряда*

Период, лет Место	200-300	80-90	40-60	25-30	17-20	12-15	8,1-10	6-8	5-5,9	4,9-4	2,9-3,5	2-2.3
Томск	270.0 39	83.0 36	40.0 102	26.3 113	16.6 142	12.1 62	9.9	7.2	5.0 10		3.3	2.4
							61	46			7	5
Красноярск		85.0 8		30.0 18	18.2 9	14.2 46	10.0	7.9	5.1 8		3.5	2.3
							27	14			0.9	3
Якутия		84.4 251		26.2 247		12.8 162	8.6		5.1 27	4.5 25	3.8	2.3
							87				18	8
Алтай					20.0 106					4.9		
										50		

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

*В таблице, во избежание перегрузки, взяты только ритмы заметной мощности, хорошо различимые на изображениях спектров.

В Якутии оба цикла также присутствовали, но у этой популяции восстановился брикнеровский цикл до своего обычного значения (табл. 1). При сравнении спектров цикличности этого фитофага в Якутии и Красноярском крае (а это тоже длинные ряды наблюдений), можно видеть, как по-разному реализуется потенциал ритмов этого вида в разных условиях среды. По крайней мере, в Красноярском крае отсутствуют циклы в трех полосах частот: от 5- до 3-летних (табл. 1), которые обычны для якутской популяции. Однако в Якутии не наблюдается 14- и 10-летних циклов, обычных для Красноярского края. Это еще одна иллюстрация того, что эндогенная популяционная цикличность численности является адаптацией к изменяющимся условиям среды. В целом анализ цикличности вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края (по графическим визуализированным результатам) показывает, что преобладающими циклами являются 10-12-летние и 14-15-летние. Результаты наших расчетов также показали, что в этой географической популяции по мощности доминирует 14,2-летний цикл. Субдоминантным циклом является 10-летний, что хорошо совпадает с результатами анализа визуализированных циклов. Но вместе с тем ре-

зультаты спектрального анализа показывают наличие скрытых 30-летних циклов, более низких по мощности 86-летних и 5-летних, а также целой группы слабых высокочастотных циклов, которые на кривой хода вспышек не заметны (рис. 1).

Сравнительный анализ спектров популяционной динамики этого фитофага в Красноярском крае и Якутии свидетельствует о большом сходстве их циклов, но вместе с тем структура доминантных колебаний совершенно другая. Здесь имеется явное доминирование 85-летнего цикла, 30-летнего и 12,8-летнего над остальными. Мы предполагаем, что доминирование двух самых длинных циклов в популяции сибирского шелкопряда в Якутии обусловлено здесь большей суровостью климатических условий.

На Алтае хорошо проявлены всего 2 ритма. Они практически кратные друг другу, и, скорее всего, низкочастотный ритм получается при сложении высокочастотного каждые 4 года. Известно, что для естественной цикличности увлажнения характерны периоды в 3–6 лет [14]. С понижением же влажности возникают условия, наиболее благоприятные для выживания популяции фитофага, потому что уровень абиотического стресса у деревьев повышается и биохимический состав их хвои и листьев изменяется. Описан в литературе и обычный для Южной Сибири 22-летний цикл осадков [3].

Таким образом, как показали полученные нами результаты, в каждом регионе популяция сибирского шелкопряда проявляет повышенную мощность тех или иных внутренних ритмов из спектра, который она потенциально имеет. Видимо, наше предположение о том, что популяционная цикличность всегда имеет множество периодических составляющих и в каждом местообитании популяция использует для подстройки к местным условиям, только часть имеющихся ритмов достаточно обоснована. Сибирский шелкопряд исходно обладает видоспецифичным спектром скрытых циклов, с помощью которых и происходит синхронизация с местными климатическими колебаниями. Поэтому большой набор скрытых циклов детерминирует наибольшие возможности у этого вида адаптации к широкому диапазону колебаний климатических циклов для реализации своей жизненной стратегии.

Список литературы

1. Агеев А.А. Периодичность вспышек массового размножения сибирского шелкопряда и их влияние на формирование лесов Чулымо-Кетского междуречья: Автореф. дисс. к.с-х. н. – Красноярск, 2006.
2. Бялко А.В., Гамбургцев А.Г. Статистика погоды Природа.- № 12. – 2000.
3. Дроздов О.В., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат. 1971. – С. 316.

4. 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; www.science-education.ru/108-8625.
5. Кондаков Ю.П. Массовые размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края // Энтомологические исследования в Сибири. – Выпуск 2. – Красноярск, КФ РЭО. – С. 25-74. – 2002.
6. Коротина Е.Ф. Многолетние колебания температурного режима Южного Урала: Автореф. канд. дисс. Челябинск, 2002. – 15 с.
7. Кривенко В.Г. Водоплавающие птицы и их охрана. – М.: Агропромиздат, 1991. – 1-271.
8. Кривенко В.Г. Современный статус водоплавающих птиц России с позиций природных и антропогенных воздействий. – Казань, 2002. – С. 51.
9. Кривенко В.Г. Концепция природной циклической и некоторые задачи хозяйственных стратегий России. – М., 2004, февраль Электронный журнал BioDat <http://biodat.ru/doc/lib/klimat.htm>.
10. Марпл-мл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – 1990. – Издательство: Мир.
11. Рожков А.С. Массовое размножение сибирского шелкопряда и меры борьбы с ним. – М.: Наука, 1965. – 180 с.
12. Рубашев Б.М. Проблемы солнечной активности. – М.-Л.: Наука, 1964. – 362с.
13. Таранюк М И. Исследование циклическости климата и мониторинг атмосферных процессов на территории юго-востока Западной Сибири: Автореф дисс к. географ н. – Томск: ТГУ, 2000.
14. Фефелов И.В. Динамика орнитофауны в дельте Селенги: экологические предпосылки, проблемы и перспективы // Вестник Бурятского ун-та. – Сер. 2. Биология. – 1999. – Вып. 2. – С. 40–51.
15. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария. – Зап. Геогр. общества СССР. 1957. – М.— Л.: Изд-во АН СССР. – Т.16. – 1-336.

Рецензенты:

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

Менщиков С.Л., д.с.-х.н., заведующий отделом лесоведения ФГБУН Ботанический сад Российской Академии наук, г. Екатеринбург, г. Екатеринбург.