

# МАТЕРИАЛЫ К ТЕОРИИ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ ШЕЛКОПРЯДА-МОНАШЕНКИ

**С.А. МАКСИМОВ,**

*кандидат биологических наук, научный сотрудник,*

**В.Н. МАРУЩАК,**

*кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,*

*Ботанический сад УрО РАН*

**Ключевые слова:** шелкопряд-монашенка, вспышки массового размножения, сосущие корни сосны, зимняя засуха.

Динамика численности хвое-листогрызущих вредителей относится к самым противоречивым, недостаточно разработанным и полным нерешенных проблем разделам экологии лесных насекомых [1]. Краеугольным камнем всей лесной энтомологии является монашенка, причины массовых размножений которой в 30-х годах XX века представлялись неразрешимой загадкой [2]. Говоря о загадке массовых появлений монашенки, имелось в виду, что неизвестны причины роста численности вредителя; внешние факторы, инициирующие вспышки численности; причины приуроченности очагов массового размножения к тем или иным насаждениям, разным в разных циклах динамики популя-

ций филлофага [2]. Эти загадки динамики численности шелкопряда-монашенки не были решены и последующими поколениями исследователей [1, 3, 4, 5].

Нерешенность основных проблем популяционной экологии шелкопряда-монашенки негативным образом сказывается на практике мероприятий по борьбе с вредителем, которые крайне не оптимальны. В ходе борьбы с монашенкой на Урале было обработано инсектицидами свыше 500 тыс. га сосновых насаждений. По-видимому, на более чем 90% этой площади от борьбы можно было бы отказаться, если бы существовали точные прогнозы протекания вспышек численности вредителя [6].

На Урале шелкопряд-монашенка даёт



620134, г. Екатеринбург,

ул. Билимбаевская, 32а;

тел.: 8 (343) 266-55-62, 8-9049890140;

e-mail: [valerijj-marushhak@rambler.ru](mailto:valerijj-marushhak@rambler.ru)

вспышки массового размножения в основных насаждениях юга таежной зоны, лесостепи и степи от окрестностей г. Алапаевска в Свердловской до южных пределов распространения сосновых лесов в Оренбургской области. В Зауралье вспышки численности вредителя обычны. Так, с 1990 по 2008 г. на юге Свердловской и в Курганской области мы наблюдали за возникновением очагов массового размножения монашенки в 1991, 1993, 1994, 1996, 2000, 2003, 2004 гг. На западе Урала массовые появле-

***Nun moth, outbreaks,  
fine roots of Scots pine,  
winter drought.***

ния филлофага случаются гораздо реже.

В настоящей статье рассматриваются аспекты механизма массовых размножений монашенки, имеющие ключевое значение для прогнозирования всплеск численности вредителя.

#### Цель и методика исследования

Работа проводилась в 1986-2008 гг. на юге Свердловской, в Челябинской и Курганской областях. Наблюдения за очагами монашенки велись нами и раньше: в Свердловской области – с 1980 г., в Челябинской – с 1984 г. Первоочередной задачей исследования было выяснить причины массовых размножений шелкопряда-монашенки, а в качестве конечной цели ставилась разработка методов прогноза возникновения и протекания её всплеск численности, что позволило бы оптимизировать мероприятия по борьбе с вредителем.

Ключевым звеном в методике изучения факторов, определяющих численность растительоядных насекомых, является составление таблиц выживания филлофагов [7, 8, 9]. Таблицы выживания монашенки мы составляли, учитывая вредителя на специально подобранных модельных деревьях, искусственно заселенных 1-5 тыс. его яиц. Метод основан на том, что после выхода из яиц и подъема в крону почти все особи филлофага остаются на модельных деревьях до конца развития [10].

В Свердловской области в насаждениях, где раньше протекали всплески численности монашенки, было заложено 12 постоянных пробных площадей. На них ежегодно во время массового лета учитывалась плотность популяции вредителя по самкам, хорошо заметным на стволах деревьев. На расположенных недалеко от г. Екатеринбурга пробных площадях учеты проводились и по гусеницам 1-2-го возраста, которые держатся на побегах текущего года и также легко учитываются. В старших возрастах отмечалось общее количество гусениц на ветви, и число особей филлофага приводилось к 100 побегам. В Курганской области учёт по бабочкам на постоянных пробных площадях проводились в Звериноголовском и Куртамышском лесхозах. Количество временных пробных площадей составляло в общей сложности около 50.

Метеоданные были взяты в библиотеке Уральского территориального управления по гидрометеорологии и контролю окружающей среды. Образование очагов монашенки связано с динамикой прогревания почвы сразу после схода снега в сосновых насаждениях, поэтому метеоданные, полученные на метеостанциях, как правило, нельзя использовать непосредственно. В 1997-2008 гг. мы изучали влияние температуры воздуха и других факторов на динамику таяния снега и прогревания почвы весной в сосновых и березовых лесах на юге Свердловской области, а также в различных условиях в Ботаническом саду

УрО РАН.

С 1997 г. мы получали образцы интактных корней кормовых растений монашенки в очагах массового размножения и в неочаговых насаждениях. При этом использовалась комбинация методов монолита и отмывки [11, 12].

#### Результаты

В таблице 1 представлены таблицы выживания монашенки в 1988-1989 гг. на модельном дереве №7 около д. Борисовки в центре Челябинской области.

В 1989 г. в центре Челябинской области возникли довольно интенсивные очаги шелкопряда-монашенки. Дерево №7 было расположено в месте наибольшей интенсивности очага вредителя и заселялось его кладками в 1988-1992 гг. В 1989 г. выживаемость гусениц филлофага на нем и соседних деревьях резко возросла, главным образом в старших возрастах (табл. 1). Очевидно, произошло изменение физиологического состояния сосен. На природу изменений в физиологическом состоянии кормовых растений, связанных с образованием очагов массового размножения, указывают результаты учётов гусениц монашенки в кронах модельных деревьев в течение цикла динамики численности. Как оказалось, гусеницы филлофага распределены в кронах сосен равномерно в интенсивных очагах и в неочаговых насаждениях, а в очагах слабой интенсивности они концентрируются на нижних ветвях кормовых растений (табл. 2). Здесь проявляется апикальное доминирование, которое у сосен хорошо выражено [13]. При недостатке водоснабжения молодые верхние части кроны получают воду за счёт более старых нижних ветвей, чем и обусловлено ассиметричное распределение гусениц монашенки по вертикали. В очагах массового размножения шелкопряда-монашенки сосны испытывают перманентный водный стресс, так как у них не хватает сосущих корней [14].

В 1997-2008 г. мы получали образцы интактных корней сосны в очагах монашенки разной интенсивности. В очаге

вредителя севернее г. Режа в Свердловской области удалось проследить за изменениями корневых систем кормовых растений в течение полного цикла динамики численности. Выяснилось, что причиной роста плотности популяций шелкопряда-монашенки является недостаток нитевидных сосущих корней у кормовых растений в слое почвы ниже 2-4 см от её поверхности. Так, в очаге монашенки, возникшем на крайнем юге Курганской области в 2003 г. (рис. 1), наблюдался дефицит тонких нитевидных корней на глубине 2-15 см (рис. 2).

Сосущими, или тонкими корнями называются корни диаметром, как правило, менее 1 мм, выполняющие у древесных растений основную работу по поглощению воды и питательных веществ [11, 15, 16]. Сосущие корни сосны в среднем живут 4 года [15], что соответствует продолжительности отрезка времени, в течение которого растёт численность шелкопряда-монашенки в очагах массового размножения (рис. 1). Таким образом, вопрос о возникновении очагов вредителя сводится к вопросу о том, как у его кормовых растений образуется недостаток сосущих корней [10].

Многие авторы связывают возникновение очагов массового размножения монашенки с засухами в мае-июне [5, 17, 18, 19, 20]. Однако данная точка зрения не подтверждается наблюдениями. Например, после сильных засух 1975 и 1995 гг. в Челябинской области не образовалось очагов вредителя, зато в 1975 г. они возникли в Пермской области, где этот год не был засушливым. Другие исследователи считали, что, наоборот, влажная и прохладная погода стимулирует рост численности монашенки, улучшая питание её гусениц [21]. Проанализировав изменения численности шелкопряда-монашенки в южной Германии за 170 лет, Д. Климетцек [22] не обнаружил какой-либо связи между погодными факторами и всплесками массового размножения филлофага. Перед лицом этих трудностей некоторые энтомологи высказывали мнение, что всплески массо-

Таблица 1  
Таблицы выживания шелкопряда-монашенки на модельном дереве №7 в окрестностях д. Борисовки в 1988-1989 гг. ( $P < 0,05$ )

Количество гусениц на 100 побегов	Годы	
	1988	1989
1-го возраста	-	15,0±3,6
2-го возраста	7,8±3,1	15,8±3,3
3-го возраста	5,3±2,2	14,8±3,5
4-го возраста	1,2±0,4	15,0±3,5
5-го возраста	0,2±0,2	10,3±2,7
Количество куколок и предкуколок на 100 побегов	0,0	8,4±2,2 [3,0]

Прим. В квадратных скобках – особи, погибшие от паразитоидов и болезней.

Таблица 2  
Распределение гусениц монашенки по высоте кроны на модельном дереве №3 в окрестностях д. Борисовки в 1989-1993 гг. ( $P < 0,05$ )

Год учёта	Количество гусениц 1-2-го возраста на 100 побегов		
	нижняя часть кроны	средняя часть кроны	верхняя часть кроны
1989	29,5±5,5	33,8±6,1	31,3±7,0
1990	22,7±4,2	13,9±3,5	13,9±1,8
1991	7,3±2,5	2,6±0,7	-
1993	0,5±0,4	1,6±0,6	1,0±0,5

вого размножения хвое-листогрызущих вредителей относятся к принципиально непредсказуемым явлениям (Н.Г. Коломиец, 1996 г., выступление перед специалистами лесного хозяйства Тюменской области).

Нами была предложена следующая модель возникновения очагов массового размножения шелкопряда-монашенки, подтвердившаяся в ходе исследований в 1996-2008 гг. Если начало массового роста сосущих корней сосны и распускания почек по времени совпадают, и деревья в этот момент находятся под влиянием зимней засухи, то развитие корней ингибируется, и они остаются недоразвитыми. Поскольку средняя продолжительность жизни сосущих корней

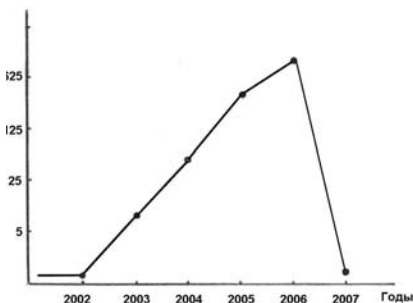


Рисунок 1. Динамика численности шелкопряда-монашенки в сосновом насаждении около с. Прорыв на юге Курганской области в 2002-2007 гг. По оси ординат – число самок на 100 деревьев во время массового лёта

составляет 4 года, на 4 года образуется дефицит тонких корней у кормовых растений (рис. 1, 2), и на данный срок соответствующим образом меняется химизм их хвои. Гусеницы вредителя, питающиеся хвоей сосны с «очаговым» химизмом, имеют повышенную выживаемость, что служит причиной роста численности вредителя (табл. 1). Вспышки заканчиваются, когда у кормовых растений восстанавливается нормальное соотношение между корневой системой и кроной. У гусениц монашенки резко возрастает смертность вследствие ухудшившихся условий питания, и плотность популяции вредителя на 5-й год после начала вспышки падает (рис. 1, табл. 3).

В 2007 г. в сосновых насаждениях около с. Прорыв предлагалось провести борьбу с монашенкой, но по нашей рекомендации специалисты Звериноголовского лесхоза от нее отказались. Численность филлофага, как и ожидалось, в 2007 г. снизилась сама (рис. 1).

В процессе наших исследований выяснилось, что возникновение очагов массового размножения шелкопряда-монашенки, сколь это ни странно, всегда можно связать с определенной датой. Существует не менее 8 методов, позволяющих установить даты образования очагов вредителя. К числу таких методов относится, например, проведение наблюдений за динамикой прогревания почвы в сосновых насаждениях на большом числе пробных площадей. Так, в 2000 г., когда на юге Свердловской области началась вспышка численности монашенки, 27 апреля был единствен-

ным жарким (почти до +27°C) днём за всю весну. Снег в сосновых насаждениях сошел 21 апреля, но почва долго не оттаивала и не прогревалась. На постоянной пробной площади №2 около п. Двуреченск в Сысертском районе почва 26 апреля оттаяла на глубину 20 см. К вечеру 27 апреля 2000 г. почва в сосновом насаждении, где расположена пробная площадь №2, на глубине 10-20 см прогрелась до +5,5-6,0°C. 28 апреля началось сильное и длительное похолодание с установлением снежного покрова, и почва быстро охладилась. При +5,0-6,0°C начинается рост сосущих корней сосны [15]. На постоянной пробной площади №2 в 2000 г. возник очаг монашенки (рис. 3). В насаждениях, в которых 27 апреля почва не успела прогреться до +5,5°C, и на южных склонах, где она прогревалась к этому дню постепенно, роста численности вредителя после 2000 г. не происходило. Отсюда можно сделать вывод, что образование очагов массового размножения монашенки связано с самыми начальными стадиями роста сосущих корней сосны, и в 2000 г. на юге Свердловской области они возникли 27 апреля.

27 апреля в дендрарии Ботанического сада УрО РАН был отмечен сильный солнечный ожог хвои голубых елей (*Picea pungens*, var. *glauca*) в том месте, где почва не успела оттаять. Ожог хвои ранней весной считается проявлением зимней засухи [23]. Во время солнечной и морозной погоды зимой, особенно в конце зимы и начале весны, происходит постепенное обезвоживание древесных растений, называемое зимней засухой [23]. Очевидно, 27 апреля напряжённость водного баланса древесных растений достигла точки максимума. По нашим наблюдениям, в этот день происходило быстрое распускание почек у деревьев. Одновременное начало массового роста тонких корней и листьев на фоне испытываемого древесными породами водного стресса, вызванного зимней засухой, привело к возникновению в 2000 г. очагов монашенки, непарного шелкопряда и черёмуховой горностаевой моли. Вспышки численности последнего вида чаще всего начинаются одновременно со вспышками шелкопряда-монашенки [24]. Очаг горностаевой моли в 2000 г. возник и на территории Ботанического сада УрО РАН.

Другие методы определения дат начала вспышек монашенки требуют гораздо более громоздких описаний. Некоторые из них основываются на сравнительном анализе динамики прогревания почвы в районах, где возникли очаги и где их не появилось.

Используя различные методы, мы определили даты возникновения очагов шелкопряда-монашенки, за которыми нам удалось пронаблюдать начиная с 1982 г. В 1982 г. очаги вредителя на юге Свердловской области возникли 26 апреля; в центре Челябинской в 1984 г. – 10 мая, в 1989 г. – 7 мая; в 1991 г. на юге



Рисунок 2. Типичные образцы корней сосны, взятые в 2006 г. в очаге монашенки около с. Прорыв (а) и в неочаговом насаждении (б)

Свердловской и юге Челябинской – 21 апреля; около г. Сысерти на юге Свердловской в 1994 г. – 3-4 мая; в 1996 г. на юге Свердловской и севере Челябинской – 6 мая; в 2000 г. на юге Свердловской – 27 апреля, а на юге Челябинской – 20 апреля; в 2004 г. около г. Режа – 11 мая. В Курганской области очаги монашенки возникли около г. Куртамыш в 1987 г. 6 мая; на востоке области в 1993 г. – 5 мая; в 2003 г. около с. Прорыв Звериноголовского района – 9 мая. Средняя дата возникновения очагов монашенки на Урале – 1-2 мая.

Обязательным элементом погодных ситуаций в годы начала вспышек массового размножения шелкопряда-монашенки является быстрый переход в конце апреля или первой половине мая от невысоких температур к дневным температурам не ниже 22°C. Верхний слой почвы в сосновых насаждениях во время скачка температур должен прогреться до 5-6°C и выше. Наличие неоттаявшей почвы под насаждениями на глубине около 1 м или вокруг оснований стволов на глубине 20-30 см в момент быстрого прогревания основного корнеобитаемого слоя почвы относится к дополнительным условиям, способствующим возникновению очагов.

Можно выделить 4 типа погодных сценариев, благоприятствующих началу вспышек массового размножения монашенки на Урале:

- относительно жёсткая зима и очень быстрый переход от холодной к жаркой погоде в конце апреля или начале мая (1996, 2000 гг.);

- очень влажная осень, сменяющаяся малоснежной или очень морозной зимой, что приводит к образованию долго не оттаивающего весной слоя почвы на глубине около 1 м, и быстрый переход к жаркой погоде в конце апреля или начале мая (1982, 1987, 1993, 1994 гг.);

- продолжительный период солнечной погоды с сильными ночными заморозками в апреле или первой половине мая и быстрый переход к жаркой погоде (1984, 1989, 2004 гг.), при этом зима может быть мягкой;

- влажный конец осени, выпадение толстого слоя снега в начале зимы с последующим периодом морозов, что приводит к образованию насыщенного льдом и долго не оттаивающего слоя почвы вокруг оснований стволов, и быстрый переход к жаркой погоде в конце апреля или начале мая (1991, 2003 гг.), зима в целом также может быть мягкой.

Знание механизма массовых размножений монашенки и погодных факторов, под действием которых происходит образование её очагов на Урале и в Западной Сибири, имеет большое практическое значение. Так, в 2004 г. погода в апреле и первой декаде мая совпала с погодной ситуацией весной 1952, 1984 и

1989 гг. (3-й тип погодного сценария), когда начинались интенсивные вспышки численности вредителя. Как и ожидалось, в 2004 г. возникли очаги шелкопряда-монашенки (и непарника) высокой интенсивности. По нашим наблюдениям, они были приурочены к тем насаждениям, где почва 10-11 мая 2004 г. успела прогреться до 5-6°C. Один из этих очагов находился около г. Режа. В 2007 г. на площади 1,5 тыс. га монашенка дефолировала здесь деревья на 60-70%. По нашей рекомендации борьбу с вредителем в 2008 г. не проводили, так как численность его должна была снизиться сама по себе. В 2008 г. выживаемость гусениц монашенки, действительно, резко упала (табл. 3), и плотность её популяции приблизилась к межвспышечному уровню.

В то же время в аналогичных очагах в Курганской и Челябинской областях в 2008 г. с вредителем проводили борьбу, затратив на неё около 6 млн рублей. Такая ситуация является типичной. Очаги монашенки часто обнаруживают лишь по дефолиации насаждений, и борьба проводится на 5-й год после начала вспышки, когда вспышка массового размножения фактически уже закончилась. Большие материальные затраты и вредное для окружающей среды применение пестицидов является платой за ошибочную теорию динамики численности шелкопряда-монашенки.

#### Литература

1. Szujewski A. Ecology of forest insects. Wazszawa: Pol. Scien. Publishers, 1987. P. 162-218.
2. Старк Н. К. Враги леса. М.; Л.: Сельхозгиз, 1931. С. 4-5.
3. Плотников В. И. Теоретические основы борьбы с вредными насекомыми // 2-я Эколог. конфер. по проблеме массовых размножений животных и их прогнозов: тез. докл. Киев: Изд-во КГУ, 1951. Ч. 3. С. 182-188.
4. Воронцов Н. И. Лесная энтомология. М.: Лесная промышленность, 1982. С. 260-287.
5. Марков В. А. Развитие шелкопряда-монашенки *Lymantria monacha* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) в период нарастания её численности // Энтомологическое обозрение. 1995. Т. 74. Вып. 2. С. 323-341.
6. Максимов С. А., Марущак В. Н., Тищенко А. Н., Яковлева С. В. Пути оптимизации борьбы с вредителями леса в Западной Сибири // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: м-лы науч.-практ. конф. Омск, 2006. С. 188-191.
7. Воронцов Н. И. Патология леса. М.: Лесная промышленность, 1978. 270 с.
8. Cornell N. V., Hawkins B. A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends // American Naturalist. 1995. V. 145. № 4. P. 563-593.
9. Dent D. R., Walton M. P. Methods in ecological and agricultural entomology. Cambridge: Univ. Press, 1997. P. 89-97.
10. Максимов С. А. Механизм массовых размножений непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) и шелкопряда-монашенки (*L. monacha* L.) на Урале: автореф. ... дис. канд. биол. наук. Екатеринбург, 1998. 22 с.
11. Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1972. 152 с.
12. Таршиш Л. Г. Структурное разнообразие подземных органов высших растений. Екатеринбург, 2003. С. 25-27.
13. Крамер П. Д., Козловский Т. Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. С. 394-396.
14. Максимов С. А. О причинах массовых размножений шелкопряда-монашенки // Экология. 1999. № 1. С. 54-59.
15. Орлов А. Я., Кошельков С. П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. С. 28-71.
16. Thomas P. Trees: their natural history. Cambridge: Univ. Press, 2003. P. 72-111.
17. Обухов А. Е. Монашенка, совка и пилильщики в дачах Кыштымского горного округа // Лесной журнал. 1894. № 5. С. 523-530.
18. Zederbauer E. Klima und Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und einiger anderen Forstschädlinge // Mitteilungen aus forstversuch. Osterreichs. 1911. H. 36. S. 53-69.
19. Располов Р. М. Динамика очагов массового размножения шелкопряда-монашенки и других вредителей леса в северо-западной части Челябинской области // Тр. Ильменского заповедника. Свердловск, 1971. Вып. 8. С. 169-182.
20. Ильинский А. И. Надзор, учёт и прогноз массовых размножений хвое-листогрызущих вредителей в лесах СССР. М.: Лесная промышленность, 1965. С. 238-248.
21. Ханисламов М. Г., Латышев Н. К., Яфаева З. Ш. Условия развития массовых размножений шелкопряда-монашенки в Башкирии // Исследования очагов вредителей леса Башкирии. Уфа: Изд-во Ин-та биологии, 1962. Т. 2. С. 5-31.
22. Klimetzek O. Kieferninsecten in Siedlungsland // Forstwissenschaftliches Centralblatt. 1979. H. 5. S. 277-280.
23. Вальтер Г. Геоботаника. М.: Мир, 1982. С. 176-178.
24. Максимов С. А. Периодическая система экологических ниш грызущих филлофагов и оптимизация мер борьбы с вредителями леса // География и регион. Пермь, 2002. Ч. V. С. 175-180.