

УДК 630*453:582.475(571.16)

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В КЕДРОВЫХ ЛЕСАХ НА ЮЖНОМ ПРЕДЕЛЕ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОСЛЕ ВСПЫШКИ РАЗМНОЖЕНИЯ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА

Е. Н. Пац, Э. М. Бисирова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, пр. Академический, 10/3

E-mail: patz_imces@mail.ru, bissirovaem@mail.ru

Поступила в редакцию 20.04.2021 г.

Изучено естественное возобновление в кедровых лесах, пострадавших от вспышки массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.). Исследования проводились в 2011–2015 гг. на крайнем юге Томской области, в подзоне подтайги на южной границе ареала сомкнутых кедровых лесов на Западно-Сибирской равнине. Приведены результаты исследований динамики состояния подроста в кедровых насаждениях с разной степенью дефолиации материнского полога. Для оценки жизненного состояния подроста различных пород использован метод эталонов, основанный на сравнении морфотаксационных показателей молодых растений с заранее подобранными эталонами. Показано, что на жизненное состояние и выживаемость подроста влияет уровень повреждения древостоя шелкопрядом. В полностью объеденных гусеницами насаждениях темнохвойный подрост предварительного возобновления погиб и основное место в составе подроста заняли лиственные породы. В сильно ослабленных шелкопрядом древостоях в структуре подроста также отмечено изменение в сторону увеличения доли осины (*Populus tremula* L.). Под пологом насаждения со слабой дефолиацией резкого изменения в породной структуре подроста не отмечено, по-прежнему преобладало темнохвойных особей, однако их количество недостаточно для успешного хода лесовозобновления. Изменившийся световой режим не вызвал как положительной, так и отрицательной реакции молодых растений кедра (*Pinus sibirica* Du Tour) и ели (*Picea A. Dietr.*) на осветление.

Ключевые слова: *Dendrolimus sibiricus* Tschetv., островные кедровые леса, естественное возобновление, Томская область.

DOI: 10.15372/SJFS20210509

ВВЕДЕНИЕ

Периодически возникающие вспышки массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv. (Lepidoptera, Lasiocampidae)) являются одним из основных факторов, определяющих формирование, продуктивность и динамику лесов Северной Азии (Рожков, 1965; Исаев и др., 2001; Буренина и др., 2005; Харук, Антамошкина, 2017; Varanchikov, 2011).

Мощное разрушительное действие массового размножения сибирского шелкопряда и вызванный этим экологический, экономический и социальный ущерб особенно сильно проявляются при панзональных вспышках, охваты-

вающих огромные территории Сибири. Так, в Западной Сибири в период первой крупномасштабной вспышки 1953–1957 гг. были повреждены темнохвойные древостои на общей площади 4.5 млн га (Коломиец, 1957). С этого времени изучение динамики лесов после повреждений сибирским шелкопрядом стали важнейшими задачами отечественного лесоведения (Рожков, 1965).

Исследования последствий вспышки массового размножения сибирского шелкопряда 1989–1997 гг. на площади около 1 млн га в Приенисейской Сибири, выполненные красноярскими учеными, выявили глубокие взаимосвязанные изменения различных компонентов таежных биогеоценозов (древостоя, микрокли-

мата, гидрологического режима, подчиненных ярусов растительности, почвы, микробиоты и животного населения) (Баранчиков, 2005). В совокупности эти изменения характеризуют сложный сукцессионный процесс в поврежденных шелкопрядом лесах.

В изучении шелкопрядников и прогнозировании судьбы сибирской тайги большое внимание уделялось естественному лесовосстановлению. В Западной Сибири исследования лесовозобновительного процесса в первые годы после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда в 1950-х гг. выполнены на территории юго-востока Томской области и прилегающих районов Красноярского края – в шелкопрядниках Кеть-Чулымского междуречья, возникших в пихтовых и пихтово-кедровых насаждениях (Дудин, 1958; Коломиец, 1958; Реймерс, 1958; Таланцев, 1960; Фалалеев, 1960; Куликов, 1965а, б, 1966, 1968, 1971; Фуряев, 1966, 1970; Крылов и др., 1975).

Позднее на этой же территории послевспышечные сукцессии прослежены на более длительном временном отрезке (Кузьмичев и др., 2001; Павлов, Агеев, 2012), в том числе с использованием материалов космической съемки 1980–2000 гг. (Буренина и др., 2005). В нескольких работах последнего десятилетия отражены особенности лесовосстановления в шелкопрядниках Красноярского края после вспышки в 1990-х годах (Вишнякова и др., 2000; Гродницкий и др., 2002; Шабалина и др., 2002).

В целом выявлено, что естественное возобновление темнохвойных пород в шелкопрядниках затруднено, восстановительные процессы проходят очень медленно, обусловлены масштабом и степенью повреждения древостоев и по-разному реализуются в неодинаковых лесорастительных условиях, что требует обязательного учета географического аспекта динамики поврежденных лесов (Буренина и др., 2005).

Томская область, в которой проводились исследования, входит в зону максимальной вредности сибирского шелкопряда, где вследствие гибели основной лесобразующей породы происходит распад насаждений (Коломиец, Майер, 1963; Эпова, Плешанов, 1995). Во время последней вспышки массового размножения насекомого, начавшейся в 2016 г. и охватившей леса по всей Азиатской части России, площадь его очагов составила в области около 500 тыс. га (Тайлашева, 2017). Пострадали широко распространенные здесь кедровые насаждения, особенности лесовосстановительных процессов

которых после вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в разных условиях произрастания в регионе почти не изучены.

Наши исследования восстановительной динамики в поврежденных шелкопрядом кедровниках проведены в 2011–2015 гг. на крайнем юге Томской области, в подзоне подтайги, на южной границе ареала кедровых лесов на Западно-Сибирской равнине.

Цель работы – выявить региональную специфику динамики породного состава, структуры и жизненного состояния подроста в первые годы после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда в 2007–2010 гг. в зависимости от степени повреждения кедровых древостоев.

РАЙОН, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованы поврежденные сибирским шелкопрядом насаждения Симанского участкового лесничества Кожевниковского лесничества Томской области, расположенные в окрестностях с. Базой Кожевниковского района. Крайние географические координаты Базойского урочища в пределах Томской области: на севере – 55°46′ с. ш. 83°22′ в. д., на юге – 55°42′ с. ш. и 83°18′ в. д., на востоке – 55°43′ с. ш. и 83°22′ в. д., на западе – 55°44′ с. ш. и 83°18′ в. д.

Лесистость Кожевниковского, самого южного района области, составляет 40 %. Зональная лесная растительность представлена преимущественно березовым редколесьем и березово-осиновыми колками (Дюкарев и др., 1997). Распространение темнохвойных лесов в районе носит островной характер. Они относятся к разнотравной группе типов леса и приурочены к высоким поверхностям мезорельефа. В составе темнохвойных древостоев преобладает сосна сибирская кедровая (кедр сибирский) (*Pinus sibirica* Du Tour), существенно меньшее значение принадлежит ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). Отличительной чертой исследуемой территории является отсутствие в древостоях пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.). Состав материнских пород определяет специфику естественного возобновления, в котором хвойный подрост представлен кедром и елью сибирской.

Годовая сумма осадков в Кожевниковском районе составляет 500–550 мм, сумма температур выше 10 °С – 1750–1800 °С (Дюкарев и др., 1997); гидротермический коэффициент (ГТК) – 1.1, что соответствует достаточному увлажнению почв (Рутковская, 1984).

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоев на пробных площадях в Базойском кедровнике

Номер пробной площади*	Породный состав	Средний		Средняя высота, м	Полнота	Класс бонитета	Тип леса
		возраст, лет	диаметр, см				
98/11-1	10К	120	41	21	0.5	II	рт-зм
98/11-2	10К ед. С, Ос	120	35	22	0.5	II	рт-зм
102/9	10К	122	46	22	0.5	II	осч-рт
101/5	9К1С + Б	121	36	24	1.0	II	осч-рт

Примечание. * Квартал/выдел (по лесоустройству Кожевниковского лесничества 2006 г.) - порядковый номер пробной площади; К – кедр сибирский; С – сосна обыкновенная; Ос – осина обыкновенная (*Populus tremula* Ledeb.); Б – береза повислая (*Betula pendula* Roth); рт-зм – разнотравно-зеленомошный; осч-рт – осочково-разнотравный.

Экстремальные для темнохвойных пород климатические условия района произрастания (Velisevich, Chernova, 2012) усугубляют влияние зоогенного фактора.

Согласно данным Томского центра защиты леса, в Базойском урочище сибирский шелкопряд периодически дает вспышки массового размножения в насаждениях II–III классов бонитета, III–IV классов возраста, с составом до 10 ед. кедр и с запасом древесины 300–400 м³/га.

В прошлом столетии очаги сибирского шелкопряда регистрировались здесь в 1962–1967, 1973–1975, 1980–1982, 1987–1990, 1994–1996 гг. Их площадь в эти годы составляла от 500 до 2800 га, численность гусениц вредителя на дереве – от 100 шт. на периферии до 4000 шт. в центре очага. В 1987, 1990 и 1994 гг. очаги имели комплексный характер с участием сосновой пяденицы (*Bupalus piniarius* Linnaeus) и рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffroy) (Акт..., 1987; Бисирова, 2006).

В 2007–2010 гг. вспышка массового размножения сибирского шелкопряда на территории Базойского кедровника охватила 248 га (10 % от покрытой лесом и 6 % от общей площади урочища), а максимальная численность гусениц достигала 5220 шт./дерево. Однако численность шелкопряда распределялась по площади неравномерно, и только на небольшой площади она стала критической (более 600 шт./дерево), приводящей к полному обесхвоиванию кедр.

В 2011–2012 гг. для изучения состояния естественного возобновления после данной вспышки нами заложены 4 безразмерные пробные площади (пп) в насаждениях с разной степенью дефолиации. Повторные мониторинговые исследования проведены на тех же пробных площадях в 2015 г.

На пробных площадях по произвольной ходовой линии пересчитали не менее 100 деревьев кедр основного полога. Инструментальную

таксацию древостоев на них осуществляли в наиболее характерных лесных массивах по принятой в России методике проведения лесоустроительных и лесотаксационных работ (ОСТ..., 1983).

Исходные таксационные характеристики древостоев на пробных площадях (породный состав, возраст, средний диаметр, средняя высота, бонитет, полнота) определены с использованием стандартных методов измерительно-глазомерной таксации (Анучин, 1982; Чмыр и др., 2001) и представлены в табл. 1.

На каждой пробной площади с применением 6-балльной оценочной шкалы категорий состояния дерева (Алексеев, 1989), адаптированной к кедр сибирскому (Кривец и др., 2008), определяли жизненное состояние каждого дерева на пробной площади. В качестве интегрального показателя использовали средневзвешенную категорию состояния деревьев, рассчитанную по формуле

$$CKC = \frac{\sum g_I^2 + 2\sum g_{II}^2 + 3\sum g_{III}^2 + 4\sum g_{IV}^2 + 5\sum g_V^2 + 6\sum g_{VI}^2}{\sum G_i^2},$$

где $\sum g_I^2, 2\sum g_{II}^2, 3\sum g_{III}^2, 4\sum g_{IV}^2, 5\sum g_V^2, 6\sum g_{VI}^2$ – сумма квадратов площадей поперечного сечения деревьев здоровых (I), ослабленных (II), сильно ослабленных (III), усыхающих (IV) и сухостоя (свежего и старого, V и VI категории соответственно) в исследуемом древостое; $\sum G_i^2$ – сумма квадратов площадей поперечного сечения деревьев всех категорий состояния.

Учет и оценка естественного возобновления проведены на непрерывных трансектах площадью от 0.01 до 0.06 га квадратными учётными площадками 1 м². Трансекты размещают на трех параллельных линиях (посередине пп и параллельно двум её сторонам) (Побединский, 1966; Чмыр и др., 2001). Общее число учётных пло-

щадок составило 1089 шт. (в 2011–2012 гг. – 889 шт., в 2015 г. – 200 шт.). Состояние подроста оценивалось по ранее апробированной нами 5-балльной шкале категорий жизненного состояния молодых особей хвойных пород (Кривец и др., 2014), которое определялось путем сравнения молодых растений с заранее подобранными эталонами, т. е. наиболее развитыми и жизнеспособными экземплярами подроста в каждом исследованном сообществе: I – здоровый подрост (морфотаксационные показатели составляют 100–91 % от показателей эталона); II – ослабленные молодые особи подроста (90–71 % от эталона); III – сильно ослабленные (70–51 % от размеров эталона); IV – отмирающий подрост (50–31 %); V – сухостой (с показателями менее 30 % от размеров эталона).

Стадии онтогенеза кедра сибирского определяли по шкалам, описанным С. А. Николаевой (2002) для условий средней тайги, и ели обыкновенной – А. М. Романовским (2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика жизненного состояния естественного возобновления в локальных очагах размножения сибирского шелкопряда изучена в насаждениях с разной степенью дефолиации крон – от практически ненарушенного древостоя, принятого нами за контроль, где незначительное объедание хвои (до 10 %) выявлено на единичных деревьях, до погибшего древостоя (Наставление..., 2001).

В насаждении на пп 98/11-1 с полным объеданием хвои гусеницами сибирского шелко-

пряда погибшие деревья (суммарно V–VI категории состояния) составили в 2011 г. 90.1 %, усыхающие – 5.3 %. Немногочисленные жизнеспособные кедры (4.6 %) с объеданием хвои на 25–40 % были отнесены к III категории состояния. Данный древостой является погибшим, его средневзвешенная категория состояния составила 5.7 балла (рис. 1, а).

На момент исследования в 2011 г. естественного возобновления здесь насчитывалось до 1230 шт./га (табл. 2), и оно было преимущественно еловое. Основной фактор снижения жизнеспособности подроста в таких насаждениях – объедание шелкопрядом молодых растений ели (рис. 1, б) и кедра после обесхвоивания взрослых деревьев. Еловый подрост в этом насаждении пострадал сильнее кедрового (рис. 2), что обусловлено, по-видимому, его равномерным распределением по площади насаждения. Подавляющее большинство молодых особей ели (85 %) погибли в результате полной дефолиации, еще у 12 % зафиксировано повреждение хвои в разной степени (дефолиация кроны от 5 до 20 %). Только 3 % особей были без повреждения.

Подрост кедра также был объеден шелкопрядом в разной степени, но в отличие от елового, его жизнеспособных особей насчитывалось 90 %, из которых без признаков ослабления – 33 %, поскольку весь он был расположен по периферии очага. Молодые особи кедра, частично объеденные гусеницами шелкопряда, в 2012 г. восстановили хвою. Отмеченные сухостойные экземпляры темнохвойного подроста 61 % от общего количества естественного возобновле-

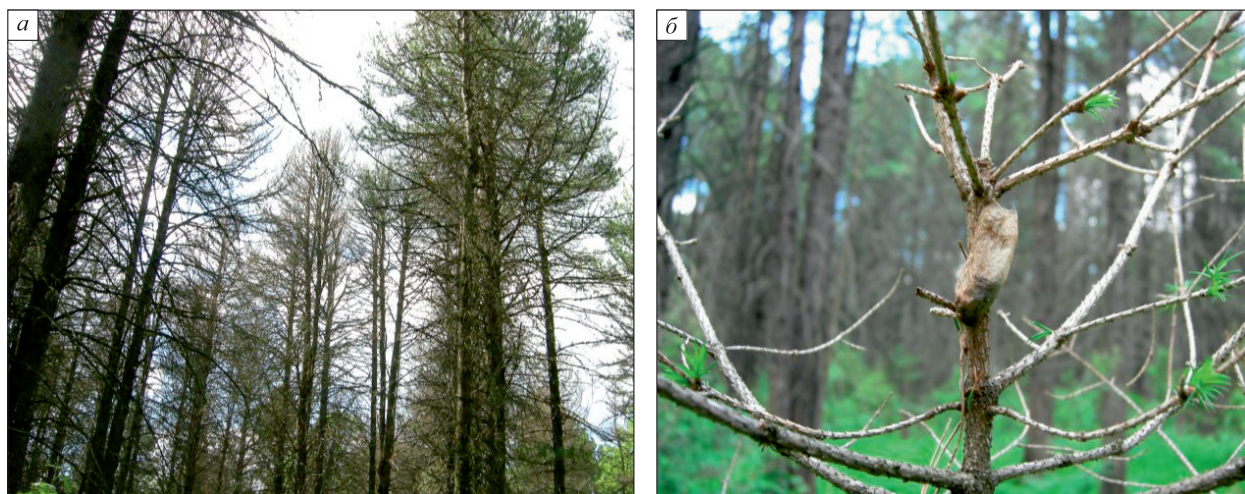


Рис. 1. Обесхвоенные сибирским шелкопрядом деревья кедра сибирского в Базойском урочище (а) и погибший подрост ели сибирской в результате полной дефолиации (б).

На стволике – кокон шелкопряда (фото Э. М. Бисировой).

Таблица 2. Лесовозобновление в шелкопрядиках Базойского кедровника в разные годы после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда

Номер пробной площади	Год проведения учета	Состав подроста, %	Количество подроста, тыс. шт./га	Средняя высота, м*	Возраст кедра, лет
98/11-1	2011–2012	90Е 10К	1.096	1.25 ± 0.07	14–28
			0.134	1.60 ± 0.27	
			Итого 1.230		
98/11-1	2015	100Ос	10.750	1.86	–
98/11-2	2011–2012	94Е 5Ос 1К	1.410	1.09 ± 0,09	5–6
			0.075	0.01	
			0.015	0,11	
			Итого 1.500		
98/11-2	2015	70Е 20Ос 10К	1.000	0.47 ± 0.09	5–6
			0.333	1.12	
			0.167	0.10	
			Итого 1.500		
102/9	2011-2012	54Е 40К 3Б 3Ос	0.288	1.15 ± 0.31	5–6
			0.096	0.29 ± 0.16	
			0.016	1.60	
			0.016	4.00	
			Итого 0.416		
102/9	2015	70К 30Е	1.333	0.13 ± 0.02	9–12
			0.667	0.36 ± 0.05	
			Итого 2.000		
101/5	2011-2012	100К	4,333 всходов/га	0.05	2–3
101/5	2015	95К 5Е	2.500	0.11	5–6
			0.167	0.11	
			Итого 2.667		

Примечание. Е – ель сибирская; К – кедр сибирский; Ос – осина обыкновенная; Б – береза повислая; прочерк – отсутствие подроста. * Среднее значение ± ошибка средней.

ния в дальнейших исследованиях не учитывались (Чмыр и др., 2001), всходы отсутствовали.

В расстроенных сибирским шелкопрядом насаждениях, как правило, формируются очаги массового размножения стволовых вредителей (Криволицкая, 1965; Рожков, 1981). Во избежание образования таких очагов в 2012 г. проведена сплошная санитарная рубка на общей площади 1.6 га, которая захватила и древостой на пп 98/11-1. В 2015 г. оценку состояния темнохвойного подроста на данной пробной площади провести не удалось, так как он погиб в ходе проведенной санитарной рубки.

Сплошная рубка спровоцировала резкую смену темнохвойного подроста на осину обыкновенную семенного происхождения, у которой 80 % особей отнесено к I категории состояния (табл. 2, рис. 2).

Нехарактерный для исходного сообщества состав подроста отражает естественный про-

цесс зарастания вырубки со сменой хвойных на лиственные породы.

В кедровом древостое на пп 98/11-2, с сильной степенью повреждения сибирским шелкопрядом в 2012 г. преобладали (61.9 %) хотя и жизнеспособные, но ослабленные в разной степени деревья II–III категорий состояния. Усыхающих деревьев насчитывалось 11.8 %, погибших – 26.3 %, из которых на V категорию состояния приходилось 1.6 % деревьев. Средневзвешенная категория состояния древостоя достигала 3.7 балла.

В конце 2012 г. в этом выделе была проведена выборочная санитарная рубка, в которую попали 36.6 % деревьев на пробной площади из категорий погибших, отмирающих и частично из категории «сильно ослабленные деревья». При повторном мониторинге в 2015 г. средневзвешенная категория состояния деревьев в насаждении составила 2.0 балла, доля здоровых

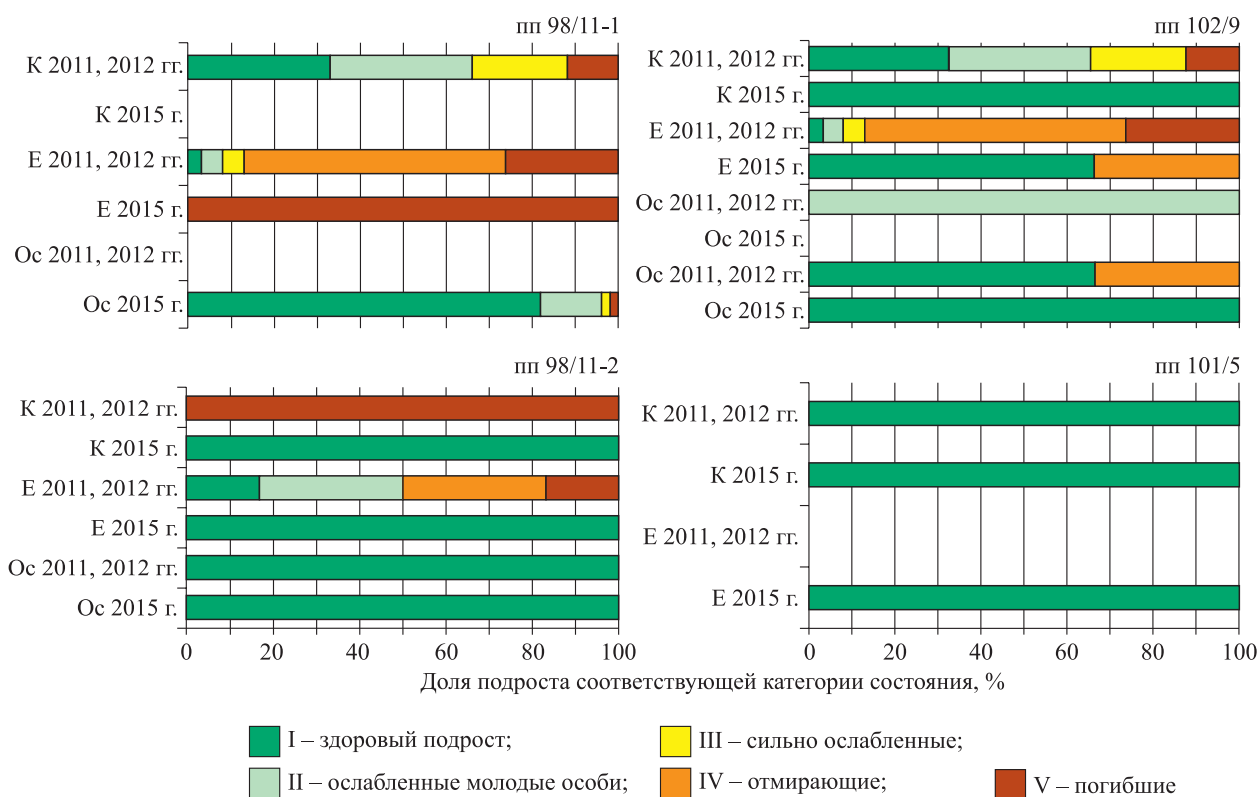


Рис. 2. Распределение подростка по категориям жизненного состояния на пробных площадях в Базойском кедровнике.

деревьев – 45.7 % за счет восстановления хвои у частично объеденных шелкопрядом деревьев, отнесенных в 2012 г. к категории ослабленных. По этой же причине в 12 раз снизилась доля деревьев III категории.

Естественное возобновление на данном участке леса в 2012 г. было представлено преимущественно елью (1 тыс. шт./га, табл. 2), расположенной по периферии насаждения, и не было повреждено шелкопрядом. У 80 % особей кедрового подростка хвоя была полностью объедена гусеницами шелкопряда; на следующий год охвоение частично восстановилось, в основном из спящих почек. Остальные особи были незначительно повреждены вредителем. Нами отмечены и механические повреждения подростка, такие как гибель верхушечной почки, обдиры и пр., которые в совокупности зафиксированы у 52 % особей. Сухостойные экземпляры составляли 17 %, а всходы – 2 %.

При зимней выборочной рубке 2012 г., проведенной без сохранения естественного возобновления, еловый подрост, превышающий высоту снежного покрова, был уничтожен, как и молодые особи кедрового подростка. В 2015 г. высота оставшегося подростка ели не превышала 50 см, а его численность осталась прежней за счет перехода

всходов в ювенильную стадию (табл. 2). Заметно увеличилось количество подростка осины по образовавшимся окнам, а всходы кедрового подростка, учтенные в 2011 г., перешли в ювенильную стадию при повторном учете 2015 г. Темнохвойных всходов отмечено 10 %.

В древостое на пп 102/9 в 2012 г. наблюдалась слабая степень дефолиации крон (до 25 %). Большинство обследованных деревьев были жизнеспособными (I–III категории состояния), здоровых деревьев насчитывалось 15.8 %; признаки ослабления имели 55.6 % особей кедрового подростка, еще 10.9 % были сильно ослаблены. Отмирающие деревья составили 13.7 %, погибшие – 4 %. Средневзвешенная категория состояния древостоя достигала 2.4 балла, что характеризует его как ослабленный.

К 2015 г. 19.3 % усыхающих, погибших и частично сильно ослабленных деревьев вырублены при проведении санитарно-оздоровительных мероприятий. Среди оставшихся после рубки деревьев 99.4 % были жизнеспособными. Значительная часть ослабленных дефолиацией в разной степени деревьев на момент повторного обследования, после восстановления хвои, отнесена к категории «здоровые деревья», такие особи составили 77.2 %. Ослабленных деревьев

было 13.4 %, сильно ослабленных – 8.8 %. Средневзвешенная категория состояния древостоя достигала 1.3 балла, что соответствовало здоровому древостою. Однако при этом после выборочной санитарной рубки полнота древостоя снизилась до 0.34.

Возобновление в данном насаждении в 2012 г. было представлено преимущественно елью высотой от 1 м (около 300 шт./га) и, в меньшей степени, кедром, высота которого не превышала 30 см (до 100 шт./га). Темнохвойный подрост не повреждался шелкопрядом, так как небольшому количеству вредителя на этом участке леса было достаточно корма на взрослых деревьях. Сухостойные экземпляры темнохвойного подроста составили 23 % от общего количества, всходы – 82 %.

К 2015 г. кедровые всходы в этом насаждении перешли в ювенильную стадию и заняли первое место в структуре подроста (табл. 2). Высокий еловый подрост частично погиб при проведении выборочной санитарной рубки, а выжившие особи повреждены заморозками, обдирами, сломами и были отнесены нами к IV категории состояния (рис. 2). Снижение полноты материнского полога до 0.3 способствовало появлению по окнам всходов кедра в количестве чуть более 1000 шт./га, высотой около 10 см.

Наилучшее жизненное состояние древостоя выявлено на пп 101/5, принятой нами как контрольный участок в исследованных кедровых насаждениях. На момент первичного обследования в 2011 г. здесь присутствовали единичные деревья со слабой степенью объедания кроны сибирским шелкопрядом (до 10 %), из них 79.3 % отнесены к I категории состояния, без внешних признаков ослабления, а ослабленных в разной степени особей насчитывалось 19.1 %, старого сухостоя – 1.6 %. Ослабление деревьев связано преимущественно с механическими повреждениями кроны и ствола, такими как слом вершины, раны от околота при орехопромысле, снеголомы, обдиры ствола, а также со ствольными гнилями. Средневзвешенная категория состояния древостоя составила 1.3 балла. В 2015 г. каких-либо патологических процессов в нем также не наблюдалось.

В период первичных мониторинговых исследований 2012 г. при учете подроста на этом участке леса были зафиксированы лишь всходы кедра, выживаемость которых к 2015 г. составила 58 %, а жизненное состояние оценивалось как здоровое (рис. 2). Повторное обследование позволило выявить увеличение сукцессионной

сложности подроста из-за появления ели в его составе (табл. 2). Все учтенные особи ели отнесены к I категории состояния (рис. 2) и находились на первой иматурной стадии онтогенеза. Появление ели в подросте связано, по-видимому, с обильным семеношением в 2012–2013 гг. взрослых деревьев, произрастающих вблизи пробной площади.

Проведенные исследования показали, что породная структура и жизненное состояние подроста тесно связаны со степенью дефолиации деревьев материнского полога. До возникновения очагов шелкопряда на всех исследуемых участках леса преобладал темнохвойный подрост, а лиственные породы занимали лишь 6 % от их общего количества (табл. 2). После вспышки массового размножения сибирского шелкопряда на участке со слабым повреждением и в контроле в подросте по-прежнему преобладали ель и кедр. Изменилось лишь их соотношение за счёт перехода всходов ели в ювенильную стадию. Жизненное состояние естественного возобновления в этих насаждениях даже улучшилось – положительные изменения произошли за счет обновления подроста. В насаждениях со средним и полным объеданием хвои деревьев доля лиственных пород в составе естественного возобновления увеличилась в 4 и 100 раз соответственно.

Большинство авторов отмечают характерную затянутость лесовосстановительного процесса в шелкопрядниках (Куликов, 1966; Вишнякова и др., 2000; и др.). Отмечалось, что полностью деградированные территории возвращаются в лесной фонд лишь через 15–20 лет, а восстановление коренной породы затягивается на многие десятилетия. Результаты наших исследований позволили предполагать схожесть сценария восстановления коренных лесов, которое будет протекать через классическую схему смены пород. Восстановление материнской породы начнется, вероятнее всего, не раньше, чем через 90–100 лет.

Наряду с изучением динамики породного состава подроста в шелкопрядниках интерес представляет исследование его реакции на изменение условий среды, в первую очередь режима освещения в результате дефолиации материнского полога. Один из параметров, отражающих такой отклик молодых растений, – линейный прирост в высоту. Динамика данного параметра изучалась нами на участках только с частичным объеданием древостоя, поскольку в полностью поврежденных насаждениях подрост предварительного возобновления погиб.

За весь период проведенных исследований у особой сохранившегося подроста темнохвойных пород при усилении осветления под пологом леса не выявлено заметного увеличения или снижения линейного прироста по сравнению с контрольным участком. В этом заключается отличие реакции подроста в изученных нами насаждениях от таковой в зеленомошных пихтарниках Красноярского Приангарья, поврежденных шелкопрядом (Шабалина и др., 2002), где выявлен 1.5–2-кратный линейный прирост подроста пихты относительно контроля. По сравнению с пихтой, кедр и ель в младшем возрасте не дают такого стремительного роста в ответ на осветление (Побединский, 1966; Таланцев, 1981; Казимиров, 1983).

Полагаем, что состояние возобновления темнохвойных пород в большей степени зависит от прямого влияния шелкопряда при непосредственном объедании гусеницами хвои, а косвенное воздействие вредителя, скорее, сказывается на породной структуре и численности подроста.

На сукцессионные процессы исследованных насаждений влияют и некоторые факторы, обусловленные локальными особенностями территории. Во-первых, на южной границе произрастания сомкнутых кедровых равнинных лесов ухудшаются количественные и качественные показатели урожайности деревьев кедра по сравнению с его более северными популяциями (Велисевич, 2013). Слабое развитие их репродуктивных структур в этих условиях в целом оказывает негативное влияние на возобновительный потенциал таких кедровых насаждений.

Во-вторых, отсутствие в породном составе материнского полога пихты сибирской, типичной для южно-таежных лесных экосистем, обуславливает обеднение породного состава подроста и в целом снижает лесное биоразнообразие территории.

В-третьих, на границе лесной и лесостепной зон важную роль играют и экстремальные для темнохвойных пород климатические условия произрастания (Велисевич и др., 2012; Velisevich, Chernova, 2012; и др.), которые с течением времени все более усугубляются ввиду тенденций изменения климата в сторону потепления и засушливости (Харюткина и др., 2019). Наслоение региональных факторов среды, вспышек массового размножения сибирского шелкопряда и неудовлетворительного темнохвойного возобновления способны ускорить процесс смещения южной границы сомкнутых кедровых лесов на север (Бех, 1974).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При мониторинге естественного лесовосстановления в очагах сибирского шелкопряда на южной границе существования кедровых лесов при средней и полной степени объедания кедровых насаждений наблюдается 100%-я гибель темнохвойного подроста в результате комплекса резких изменений условий среды биотического (повреждение шелкопрядом) и антропогенного (санитарные рубки) характеров. Количество темнохвойного самосева и подроста чаще всего не превышает 1–1.5 тыс. шт./га, что по принятым оценкам возобновления в лесном хозяйстве является недостаточным для восстановления исходных насаждений. Впоследствии такие древостои сменяются на лиственные. При средней и слабой степени деградации полога древостоя естественное возобновление коренных насаждений пойдет по классическому сценарию через смену пород, поэтому для сохранения позиций кедра сибирского на южном пределе его распространения после вспышки размножения сибирского шелкопряда необходимо сразу после лесосечных работ проводить лесокультурные мероприятия.

Работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы № 121031300226-5 «Динамические и эволюционные процессы в природных экосистемах Сибири: индикаторы, мониторинг, прогноз».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Акт* опытно-производственной аэрозольной химической обработки насаждений урочища Базой Шегарского лесхоза от 03.09.1987 г. 1 с. [*Акт опытно-производственной аэрозольной химической обработки насаждений урочища Базой Шегарского лесхоза от 03.09.1987 г.* (The act of experimental-industrial aerosol chemical treatment of the natural landmark Bazoy stands of the Shegarsky forestry enterprise dated 03.09.1987). 1 p. (in Russian)].
- Алексеев В. А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение*. 1989. № 4. С. 51–57 [*Alekseev V. A.* Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoev (Diagnostics of a tree and tree stand's vitality) // *Lesovedenie* (For. Sci.). 1989. N. 4. P. 51–57 (in Russian with English abstract)].
- Анучин Н. П.* Лесная таксация: учеб. для вузов. 5-е изд., доп. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с. [*Anuchin N. P.* Lesnaya taksatsiya (Forest taxation): ucheb. dlya vuzov. 5-e izd., dop. Moscow: Lesn. prom-st (Forest industry), 1982. 552 p. (in Russian)].

- Баранчиков Ю. Н.* Биоценологические исследования в очагах массового размножения сибирского шелкопряда // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. Материалы Всерос. конф., посвящ. памяти выдающегося исследователя лесов Сибири Анатолия Сергеевича Рожкова (1925–2005). Иркутск: Иркут. гос. тех. ун-т, 2005. С. 40–42 [*Baranchikov Yu. N.* Biotsenoticheskie issledovaniya v ochagakh massovogo raz-mnozheniya sibirskogo shelkopryada (Biocenotic studies in the centers of mass reproduction of the Siberian silk worm) // Prirodnaya i antropogennaya dinamika nazemnykh ekosistem. Materialy Vseros. konf., posvyashch. pamyati vydayushchegosya issledovatelya lesov Sibiri Anatoliya Sergeyeovicha Rozhkova (1925–2005) (Natural and anthropogenic dynamics of terrestrial ecosystems. Proc. All-Rus. conf., dedicated to memory of the outstanding researcher of Siberian forests Anatoly Sergeevich Rozhkov (1925–2005)). Irkutsk: Irkut. gos. tekhn. un-t (Irkutsk St. Univ. Technol.), 2005. P. 40–42 (in Russian)].
- Бех И. А.* Кедровники Южного Приобья. Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1974. 212 с. [*Bekh I. A.* Kedrovniki Yuzhnogo Priob'ya (Siberian stone pine forests of southern Priob'ye). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie (Sci., Sib. Br.), 1974. 212 p. (in Russian)].
- Бисирова Э. М.* Массовые виды насекомых-дендрофагов в припоселковых кедровниках Томской области // Материалы VII Межрегион. совещ. энтомологов Сибири и Дальнего Востока «Энтомологические исследования в Северной Азии». Новосибирск, 2006. С. 316–318 [*Bisirova E. M.* Massovye vidy nasekomykh-dendrofagov v priposelkovykh kedrovnikakh Tomskoy oblasti (Mass species of insects – dendrophages in near-village Siberian stone pine forests of Tomsk Oblast) // Materialy VII Mezhhregion. soveshch. entomologov Sibiri i Dalnego Vostoka «Entomologicheskie issledovaniya v Severnoy Azii» (Proc. VII Interregion. meeting entomologists of Siberia and the Far East «Entomological studies in North Asia»). Novosibirsk, 2006. P. 316–318 (in Russian)].
- Буренина Т. А., Кузьмичев В. В., Харук В. И.* Шелкопряд и сукцессии в южной тайге Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2005. Т. 12. № 1. С. 153–162 [*Burenina T. A., Kuzmichev V. V., Kharuk V. I.* Shelkopryad i suksessii v yuzhnoy taige Zapadnoy Sibiri (Silkworm and successions in southern taiga of West Siberia) // Sib. ekol. zhurn. (Sib. Ecol. J.). 2005. V. 12. N. 1. P. 153–162 (in Russian with English abstract)].
- Велисевич С. Н.* Структура урожая кедрового на южной границе ареала в Западной Сибири // Лесоведение. 2013. № 2. С. 45–52 [*Velisevich S. N.* Struktura urozhaya kedra sibirskogo na yuzhnoy granitse areala v Zapadnoy Sibiri (Yield structure in Siberian pine at the southern boundary of its range in Western Siberia) // Lesovedenie (For. Sci.). 2013. N. 2. P. 45–52 (in Russian with English abstract)].
- Велисевич С. Н., Бендер О. Г., Читоркина О. Ю., Чернова Н. А., Татаринцева И. И., Груздева С. В.* Репродуктивная дифференциация популяций кедрового на южной границе западносибирской части ареала // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30. № 1–2. С. 33–38 [*Velisevich S. N., Bender O. G., Chitorkina O. Yu., Chernova N. A., Tatarintseva I. I., Gruzdeva S. V.* Reprodukativnaya differentsiatsiya populyatsiy kedra sibirskogo na yuzhnoy granitse zapadnosibirskoy chasti areala (Reproductive differentiation of Siberian stone pine populations on the southern border of the West Siberian part of the range) // Khvoynye borealnoy zony (Conifers of the boreal zone). 2012. V. 30. N. 1–2. P. 33–38 (in Russian with English abstract)].
- Вишнякова З. В., Баранчиков Ю. Н., Первозникова В. Д.* Исследование причин ингибирования лесовосстановительного процесса в шелкопрядниках темнохвойной и лиственничной тайги Приенисейской Сибири // Материалы Первой межрегион. науч.-практ. конф. по сохранению биологического разнообразия Приенисейской Сибири. Ч. 1. Красноярск, 2000. С. 73–75 [*Vishnyakova Z. V., Baranchikov Yu. N., Perevoznikova V. D.* Issledovanie prichin ingibirovaniya lesovosstanovitel'nogo protsessa v shelkopryadnikakh temnokhvoynoy i listvennichnoy taygi Prieniseyskoy Sibiri (Study of the reasons for the inhibition of the reforestation process in silkworms of the dark coniferous and larch taiga of the Yenisei Siberia) // Materialy Pervoy mezhhregion. nauch.-prakt. konf. po sokhraneniyu biologicheskogo raznobraziya Prieniseyskoy Sibiri (Proc. of the First Interregion. Sci.-Pract. Conf. for the conservation of biological diversity of the Yenisei Siberia). Part 1. Krasnoyarsk, 2000. P. 73–75 (in Russian)].
- Гродницкий Д. Л., Разнобарский В. Г., Солдатов В. В., Ремарчук Н. П.* Деградация древостоев в таежных шелкопрядниках // Сиб. экол. журн. 2002. Т. 9. № 1. Приложение. С. 3–12 [*Grodnitsky D. L., Raznobarsky V. G., Soldatov V. V., Remarchuk N. P.* Degradatsiya drevostoev v taezhnykh shelkopryadnikakh (Degradation of tree stands in taiga forests, damaged by silk worms) // Sib. ekol. zhurn. (Sib. Ecol. J.). 2002. V. 9. N. 1. Suppl. P. 3–12 (in Russian with English abstract)].
- Дудин В. А.* Проблема использования и восстановления шелкопрядников в Томской области // Тр. по лесн. хоз-ву Сибири. Вып. 4. Новосибирск, 1958. С. 262–268 [*Dudin V. A.* Problema ispolzovaniya i vosstanovleniya shelkopryadnikov v Tomskoy oblasti (The problem of using and restoring forests damaged by silkworm in Tomsk Oblast) // Tr. po lesn. khoz-vu Sibiri (Works on forestry of Siberia). Iss. 4. Novosibirsk, 1958. P. 262–268 (in Russian)].
- Дюкарев А. Г., Пологова Н. Н., Лапишина Е. Д., Березин А. Е., Лъготин В. А., Мульдьяров Е. Я.* Экология регионального природопользования // Природно-ресурсное районирование Томской области. Препринт 2. Томск: Изд-во «Спектр» ИОА СО РАН, 1997. 40 с. [*Dyukarev A. G., Pologova N. N., Lapshina E. D., Berezin A. E., L'gotin V. A., Muldiyarov E. Ya.* Ekologiya regionalnogo prirodopolzovaniya (Ecology of regional nature management) // Prirodno-resursnoye rayonirovanie Tomskoy oblasti (Natural-resource regioning of Tomsk Oblast). Preprint 2. Tomsk: Izd-vo «Spektr» IOA SO RAN (Inst. Optics Atmosph. Sib. Br. Rus. Acad. Sci.), 1997. 40 p. (in Russian)].
- Исаев А. С., Хлебопрос Р. Г., Недорезов Л. В., Кондаков Ю. П., Киселев В. В., Суховольский В. Г.* Популяционная динамика лесных насекомых. М.: Наука, 2001. 374 с. [*Isaev A. S., Khlebopros R. G., Nedorezov L. V., Kondakov Yu. P., Kiselev V. V., Sukhovolsky V. G.* Populyatsionnaya dinamika lesnykh nasekomykh (Population dynamics of forest insects). Moscow: Nauka (Science), 2001. 374 p. (in Russian)].

- Казимиров Н. И. Ель. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 81 с. [Kazimirov N. I. El' (Spruce). Moscow: Lesn. prom-st (Timber Industry), 1983. 81 p. (in Russian)].
- Коломиец Н. Г. Сибирский шелкопряд – вредитель равнинной тайги // Тр. по лесн. хоз-ву. Вып. 3. Новосибирск, 1957. С. 61–76 [Kolomiets N. G. Sibirskiy shelkopryad – vreditel ravninnoy taygi (Siberian silkworm – a pest of the plain taiga) // Tr. po lesn. khoz-vu (Works on Forestry). Iss. 3. Novosibirsk, 1957. P. 61–76 (in Russian)].
- Коломиец Н. Г. Фитоценологические закономерности массовых размножений сибирского шелкопряда в Западной Сибири // Тез. докл. межвуз. конф. по защите леса. Ч. 2. М.: МЛТИ, 1958. С. 47–49 [Kolomiets N. G. Fitotsenologicheskie zakonomernosti massovykh razmnozheniy sibirskogo shelkopryada v Zapadnoy Sibiri (Phytocenological patterns of mass reproduction of the Siberian silkworm in Western Siberia) // Tez. dokl. mezhvuz. konf. po zashchite lesa (Abstr. Interinst. Conf. Protection of Forest). Part 2. Moscow: MLTI (Moscow For. Engineer. Inst.), 1958. P. 47–49 (in Russian)].
- Коломиец Н. Г., Майер Э. И. Важнейшие вредители лесов Томской области и меры борьбы с ними. Томск: Том. кн. изд-во, 1963. 32 с. [Kolomiets N. G., Mayer E. I. Vazhneyshie vrediteli lesov Tomskoy oblasti i mery borby s nimi (The most important pests of forests in Tomsk Oblast and measures to combat them). Tomsk: Tom. kn. izd-vo (Tomsk book publ.), 1963. 32 p. (in Russian)].
- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Демидко Д. А. Виталитетная структура древостоев кедрового *Pinus sibirica* Du Tour на юго-востоке Западной Сибири // Вестн. Том. гос. ун-та. 2008. № 313. С. 225–231 [Krivets S. A., Bisirova E. M., Demidko D. A. Vitalitnaya struktura drevostoev kedra sibirskogo *Pinus sibirica* Du Tour na yugo-vostoke Zapadnoy Sibiri (Vitality structure of the Siberian stone pine stands *Pinus sibirica* Du Tour in the southeast of Western Siberia) // Vestn. Tom. gos. un-ta. Biol. (Bull. Tomsk St. Univ.). 2008. N. 313. P. 225–231 (in Russian with English abstract)].
- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Чернова Н. А., Пац Е. Н., Керчев И. А. Комплексная характеристика биологического разнообразия кедровых лесов на южном пределе их распространения в Западной Сибири // Вестн. Том. гос. ун-та. Биол. 2014. № 2 (26). С. 130–150 [Krivets S. A., Bisirova E. M., Chernova N. A., Pats E. N., Kerchev I. A. Kompleksnaya kharakteristika biologicheskogo raznoobraziya kedrovyykh lesov na yuzhnom predele ikh rasprostraneniya v Zapadnoy Sibiri (A complex description of Siberian stone pine forest biodiversity at the southern border of their outreach in West Siberia (Russia)) // Vestn. Tom. gos. un-ta. Biol. (Bull. Tomsk St. Univ. Biol.). 2014. N. 2 (26). P. 130–150 (in Russian with English abstract)].
- Криволицкая Г. О. Скрытостволовые вредители в темной хвойных лесах Западной Сибири, поврежденных сибирским шелкопрядом. М.-Л.: Наука, 1965. 129 с. [Krivolitskaya G. O. Skrytostvolovye vrediteli v temno-khvoynyykh lesakh Zapadnoy Sibiri, povrezhdennykh sibirskim shelkopryadom (Hidden-stem pests in the dark coniferous forests of Western Siberia damaged by the Siberian silkworm). Moscow-Leningrad: Nauka (Science), 1965. 129 p. (in Russian)].
- Крылов Г. В., Таланцев Н. К., Куликов М. И., Демиденко В. П., Храмова Н. Ф. Лесовозобновительные процессы в лесах таежной зоны Западной Сибири // Возобновление леса. М.: Колос, 1975. С. 252–272 [Krylov G. V., Talantsev N. K., Kulikov M. I., Demidenko V. P., Khramova N. F. Lesovozobnovitelnye protsessy v lesakh taezhnoy zony Zapadnoy Sibiri (Reforestation processes in the forests of the taiga zone of Western Siberia) // Vozobnovlenie lesa (Regeneration of forest). Moscow: Kolos, 1975. P. 252–272 (in Russian)].
- Кузьмичев В. В., Черкашин В. П., Корец М. А., Михайлова И. А. Формирование лесов на шелкопрядниках и вырубках в верховьях р. Большая Кеть (Красноярский край) // Лесоведение. 2001. № 4. С. 8–14 [Kuz'michev V. V., Cherkashin V. P., Korets M. A., Mikhaylova I. A. Formirovanie lesov na shelkopryadnikakh i vyrubkakh v verhov'yakh r. Bolshaya Ket' (Krasnoyarskiy kraj) // Lesovedenie (For. Sci.). 2001. N. 4. P. 8–14 (in Russian with English abstract)].
- Куликов М. И. Возобновление леса в шелкопрядниках Причумылья // Лесн. хоз-во. 1965а. № 7. С. 23–26 [Kulikov M. I. Vozobnovlenie lesa v shelkopryadnikakh Prichulyum'ya (Regeneration of forests in damaged by silkworm stands of Prichulyum'e) // Lesn. khoz-vo (Forestry). 1965a. N. 7. P. 23–26 (in Russian)].
- Куликов М. И. Основы классификации шелкопрядников таежной зоны Западной Сибири // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. наук. Вып. 3. № 12. 1965б. С. 46–49 [Kulikov M. I. Osnovy klassifikatsii shelkopryadnikov taezhnoy zony Zapadnoy Sibiri (Bases for classification of forests damaged by silkworm in the taiga zone of Western Siberia) // Izv. SO AN SSSR. Ser. biol.-med. nauk (Bull. Sib. Br. USSR Acad. Sci. Ser. Biol.-Med. Sci.). Iss. 3. N. 12. 1965b. P. 46–49 (in Russian)].
- Куликов М. И. Шелкопрядники таежной зоны Западной Сибири и особенности их лесовозобновительного процесса: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1966. 23 с. [Kulikov M. I. Shelkopryadniki taezhnoy zony Zapadnoy Sibiri i osobennosti ikh lesovozobnovitelnogo protsesssa (Forests damaged by silkworm of the taiga zone of Western Siberia and features of their reforestation process): avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk (PhD thesis Cand. Agr. Sci.). Sverdlovsk, 1966. 23 p. (in Russian)].
- Куликов М. И. Пути рационального использования шелкопрядников Западной Сибири // Вопросы повышения продуктивности лесов. Новосибирск: Зап. Сиб. кн. изд-во, 1968. С. 148–156 [Kulikov M. I. Puti ratsionalnogo ispolzovaniya shelkopryadnikov Zapadnoy Sibiri (Ways of rational use of forests damaged by silkworm in Western Siberia) // Voprosy povysheniya produktivnosti lesov (Issues of increasing the productivity of forests). Novosibirsk: Zap. Sib. kn. izd-vo (West Sib. book publ.), 1968. P. 148–156 (in Russian)].
- Куликов М. И. Типы шелкопрядников таежной зоны Западной Сибири и особенности их лесовозобновления // Тр. по лесн. хоз-ву Зап. Сибири: продуктивность и лесовосстановительная динамика лесов Западной Сибири. Вып. 9. Новосибирск, 1971. С. 159–178 [Kulikov M. I. Tipy shelkopryadnikov taezhnoy zony Zapadnoy Sibiri i osobennosti ikh lesovozobnovleniya (Types of forests, damaged by silkworms in the taiga zone of Western Siberia and features of their reforestation) //

- Tr. po lesn. khoz-vu Zap. Sibiri: produktivnost i lesovosstanovitel'naya dinamika lesov Zapadnoy Sibiri (Works on forestry of Western Siberia: productivity and reforestation dynamics of forests in Western Siberia). Iss. 9. Novosibirsk, 1971. P. 159–178 (in Russian)].
- Наставление по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России.* М.: ВНИИЛМ, 2001. 86 с. [*Nastavlenie po organizatsii i vedeniyu lesopatologicheskogo monitoringa v lesakh Rossii* (Manual on the organization and conduct of forest pathological monitoring in the forests of Russia). Moscow: VNIILM, 2001. 86 p. (in Russian)].
- Николаева С. А.* Начальные этапы онтогенеза *Pinus sibirica* (Pinaceae) в условиях средней тайги // Бот. журн. 2002. Т. 87. № 3. С. 62–71 [*Nikolaeva S. A.* Nachal'nyye etapy ontogeneza *Pinus sibirica* (Pinaceae) v usloviyakh sredney taygi (The initial stages of ontogenesis of *Pinus sibirica* (Pinaceae) in the middle taiga) // Bot. zhurn. (Bot. J.). 2002. V. 87. N. 3. P. 62–71 (in Russian with English abstract)].
- ОСТ 56-69-83.* Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М.: Государственный комитет СССР по лесному хозяйству, 1983. 60 с. [*OST 56-69-83.* Ploshchadi probnyye lesoustroitelnyye. Metod zakladki (Trial areas are forest inventory. Bookmark Method). Moscow: Gosudarstvennyy komitet SSSR po lesnomu khozyaystvu (State Committee USSR on Forestry), 1983. 60 p. (in Russian)].
- Павлов И. Н., Агеев А. А.* Периодичность вспышек массового размножения сибирского шелкопряда и их влияние на формирование лесов Чулымо-Кетского междуречья: моногр. Красноярск: СибГТУ, 2012. 168 с. [*Pavlov I. N., Ageev A. A.* Periodichnost vspyshek massovogo razmnzheniya sibirskogo shelkopryada i ikh vliyanie na formirovanie lesov Chulyumo-Ketskogo mezhdurecha: monogr (Frequency of outbreaks of mass reproduction of the Siberian silkworm and their influence on the formation of forests in the Chulyum-Ket' interfluve). Krasnoyarsk: SibGTU (Sib. St. Univ. Technol.), 2012. 168 p. (in Russian)].
- Побединский А. В.* Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с. [*Pobedinskiy A. V.* Izuchenie lesovosstanovitel'nykh protsessov (Study of forest regeneration processes). Moscow: Nauka (Science), 1966. 64 p. (in Russian)].
- Реймерс Н. Ф.* Уничтожение сибирского шелкопряда зверями и птицами, населяющими кедровые леса, и восстановление шелкопрядников и гарей // Тр. по лесн. хоз-ву Сибири. Вып. 4. Новосибирск, 1958. С. 262–268 [*Reymers N. F.* Unichtozhenie sibirskogo shelkopryada zveryami i pitsami, naselayuyushchimi kedrovyye lesa, i vosstanovlenie shelkopryadnikov i garey (Destruction of the Siberian silkworm by animals and birds inhabiting the Siberian stone pine forests and the restoration of forests, damaged by silkworms and burnt areas) // Tr. po lesn. khoz-vu Sibiri (Works on forestry of Siberia). Iss. 4. Novosibirsk, 1958. P. 262–268 (in Russian)].
- Рожков А. С.* Массовое размножение сибирского шелкопряда и меры борьбы с ним. М.: Наука, 1965. 178 с. [*Rozhkov A. S.* Massovoe razmnzhenie sibirskogo shelkopryada i mery borby s nim (Mass reproduction of the Siberian silkworm and measures to combat it). Moscow: Nauka (Science), 1965. 178 p. (in Russian)].
- Рожков А. С.* Дерево и насекомое. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 177 с. [*Rozhkov A. S.* Derevo i nasekomoie (Tree and an insect). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie (Sci., Sib. Br.), 1981. 177 p. (in Russian)].
- Романовский А. М.* Поливариантность онтогенеза *Picea abies* (Pinaceae) в Брянском Полесье // Бот. журн. 2001. Т. 86. № 8. С. 72–85 [*Romanovskiy A. M.* Polivariantnost' ontogeneza *Picea abies* (Pinaceae) v Bryanskom Poles'e (Polyvariance of ontogeny of *Picea abies* (Pinaceae) in Bryansk Polesie) // Bot. zhurn. (Bot. J.). 2001. V. 86. N. 8. P. 72–85 (in Russian with English abstract)].
- Рутковская Н. В.* География Томской области. Сезонно-агроклиматические ресурсы: учеб. пособ. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1984. 158 с. [*Rutkovskaya N. V.* Geografiya Tomskoy oblasti. Sezonnno-agroklimaticheskie resursy: ucheb. posob. (Geography of Tomsk Oblast. Seasonal-agroclimatic resources: tutorial). Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta (Tomsk Univ. Publ.), 1984. 158 p. (in Russian)].
- Тайлашева Е.* Аппетит убицы: как шелкопряду не дали съесть томский лес // РИА Томск. 31.10.2017 [*Taylasheva E.* Appetit ubiytsy: kak shelkopryadu ne dali s'est' tomskiy les (The killer's appetite: how the silkworm was not allowed to eat the Tomsk forest) // RIA Tomsk (Reg. Inf. Agency Tomsk). 31.10.2017 (in Russian)]. <https://www.riatomsk.ru/article/20171030/shelkopryad-tomsk-borjba/>
- Таланцев Н. К.* Естественное возобновление кедра в Причудлымье // Тр. по лесн. хоз-ву. Вып. 5. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. С. 77–87 [*Talantsev N. K.* Estestvennoe vozobnovlenie kedra v Prichulyum'e (Natural regeneration of the Siberian stone pine in Prichulyumie) // Tr. po lesn. khoz-vu (Works on forestry). Iss. 5. Novosibirsk: Izd-vo SO AN SSSR (Sib. Br. USSR Acad. Sci. Publ.), 1960. P. 77–87 (in Russian)].
- Таланцев Н. К.* Кедр. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 96 с. [*Talantsev N. K.* Kedr (Siberian stone pine). Moscow: Lesn. prom-st (Timber Industry), 1981. 96 p. (in Russian)].
- Фалалеев Э. Н.* Строение пихтовых лесов Сибири // ИВУЗ. Лесн. журн. 1960. № 4. С. 16–21 [*Falaleev E. N.* Stroenie pikhtovykh lesov Sibiri (Structure of fir forests of Siberia) // IVUZ. Lesn. zhurn. (Proc. Higher Educ. Inst. For. J.). 1960. N. 4. P. 16–21 (in Russian with English abstract)].
- Фуряев В. В.* Шелкопрядники тайги и их выжигание. М.: Наука, 1966. 92 с. [*Furyaev V. V.* Shelkopryadniki taygi i ikh vyzhiganie (Taiga forests damaged by silkworm and their burning). Moscow: Nauka (Science), 1966. 92 p. (in Russian)].
- Фуряев В. В.* Влияние пожаров и массовых размножений сибирского шелкопряда на формирование лесов Кеть-Чулымского междуречья // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачевы СО АН СССР, 1970. С. 408–421 [*Furyaev V. V.* Vliyanie pozharov i massovykh razmnzheniy sibirskogo shelkopryada na formirovanie lesov Ket'-Chulymskogo mezhdurech'ya (Influence of fires and mass reproduction of the Siberian silkworm on the formation of forests in Ket'-Chulyum interfluve) // Voprosy lesnoy pirologii (Questions of forest pyrology). Krasnoyarsk: In-t lesa i drevesiny im. V. N. Sukacheva SO AN SSSR (V. N. Sukachev Inst. For. Sib. Br. USSR Acad. Sci.), 1970. P. 408–421 (in Russian)].

- Харук В. И., Антамошкина О. А. Воздействие сибирского шелкопряда на горимость лесных территорий // Сиб. экол. журн. 2017. Т. 24. № 5. С. 647–654 [Kharuk V. I., Antamoshkina O. A. Vozdeystvie sibirskogo shelkopryada na gorimost' lesnykh territoriy (Impact of silkmoth outbreak on taiga wildfires) // Sib. ecol. zhurn. 2017. V. 24. N. 5. P. 647–654 (in Russian with English abstract)].
- Харюткина Е. В., Логинов С. В., Усова Е. И., Мартынова Ю. В. Тенденции изменения экстремальности климата Западной Сибири в конце XX – начале XXI веков // Фундаментальная и прикладная климатология. 2019. Т. 2. С. 45–65 [Kharyutkina E. V., Loginov S. V., Usova E. I., Martynova Yu. V. Tendentsii izmeneniya ekstremal'nosti klimata Zapadnoy Sibiri v kontse XX – nachale XXI vekov (Tendencies in changes of climate extremality in Western Siberia at the end of the XX century and the beginning of the XXI century) // Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya (Fundamental and applied climatology). 2019. V. 2. P. 45–65 (in Russian with English abstract)].
- Чмыр А. Ф., Маркова И. А., Сеннов С. Н. Методология лесоводственных исследований: учеб. пособ. для студентов спец-ти 260400 «Лесное и лесопарковое хозяйство». СПб.: СПбЛТА, 2001. 96 с. [Chmyr A. F., Markova I. A., Sennov S. N. Metodologiya lesovodstvennykh issledovany: ucheb. posob. dlya studentov spec-ti 260400 «Lesnoe i lesoparkovoe hozyajstvo» (Methodology of silvicultural research: textbook. manual. for students of specialty 260400 «Forestry and forest park economy») St. Petersburg: SPbLTA (St. Petersburg For. Engineer. Acad.), 2001. 96 p. (in Russian)].
- Шабалина О. М., Разнобарский В. Г., Гродницкий Д. Л. Живой напочвенный покров и подрост в таежных шелкопрядниках // Приложение к «Сиб. экол. журн.». 2002. № 1. С. 23–32 [Shabalina O. M., Raznobarskiy V. G., Grodnitskiy D. L. Zhivoy napochvenny pokrov i podrost v taezhnykh shelkopryadnikakh (Living ground cover and undergrowth in taiga forests damaged by silkworms) // Prilozhenie k «Sib. ecol. zhurn.» (Suppl. for Sib. Ecol. J.). 2002. N. 1. P. 23–32 (in Russian with English abstract)].
- Энова В. И., Плешанов А. С. Зоны вредоносности насекомых-филлофагов Азиатской России. Новосибирск: Наука: Сиб. изд. фирма, 1995. 48 с. [Enova V. I., Pleshanov A. S. Zony vredonosnosti nasekomykh-fillofagov Aziatskoy Rossii (Zones of severity of phyllophagous insects in Asian Russia). Novosibirsk: Nauka. Sib. izd. firma RAN (Sci. Sib. ed. firm Rus. Acad. Sci.), 1995. 48 p. (in Russian)].
- Баранчиков Ю. Н. Siberian moth – a relentless modifier of taiga ecosystems in Northern Asia // Boreal forests in a changing world: Challenges and need for action. Proc. Int. Conf. Krasnoyarsk: V. N. Sukachev Inst. For. Rus. Acad. Sci. Sib. Br., 2011. P. 23–26.
- Харук В. И., Антамошкина О. А. Impact of silkmoth outbreak on taiga wildfires // Contemp. Probl. Ecol. 2017. V. 10. Iss. 5. P. 556–562 (Original Rus. Text © V. I. Kharuk, O. A. Antamoshkina, 2017, publ. in Sib. Ecol. Zhurn. 2017. V. 24. N. 5. P. 647–654).
- Велисевич С. Н., Чернова Н. А. Phenotypic structure of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour (Pinaceae) populations on the south area limit // Ecology and diversity of forest ecosystems in the Asiatic part of Russia 2012. Proceedings of International conference (Sbornik příspěvků / Сборник статей). Kostelec nad Černými lesy, Czech Rep., 2012. P. 223–230.

REFORESTATION OF THE SIBERIAN STONE PINE FORESTS AT THE SOUTHERN LIMIT OF THEIR DISTRIBUTION IN WESTERN SIBERIA AFTER THE OUTBREAK FOCI OF THE SIBERIAN MOTH

E. N. Pats, E. M. Bisirova

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Russian Academy of Sciences,
Siberian Branch
Prospekt Akademicheskoy Avenue, 10/3, Tomsk, 634055 Russian Federation*

E-mail: patz_imces@mail.ru, bissirovaem@mail.ru

The article is devoted to the research of natural regeneration of the pine forest, which suffered from outbreak foci of Siberian moths *Dendrolimus sibiricus* Tschetv. The studies were carried out in far south of Tomsk Oblast in the subzone of the subtaiga on the southern border of closed Siberian pine forest area on West Siberian plain in 2011–2015. The results of the research of the dynamic of the undergrowth condition of the Siberian pine forest with different defoliation level of maternal canopy were presented in the article. To assess vitality of the undergrowth of various species, a reference method was used that is based on comparison of morphological inventory indicators of young plants with pre-selected standard items. It was shown that the vitality and survivability of the undergrowth influence the damage level of the tree stands by the Siberian moths. In completely-eaten stands, dark coniferous undergrowth of preliminary reforestation died and broad-leaved trees took up the major portion in the composition of the undergrowth. In the stands of heavily weakened trees the increase in portion of aspen was determined. Under the canopy of the plantation with weak defoliation, the dramatic changes in species composition of the undergrowth did not take place. Prevalence of dark coniferous species is still being observed but its quantity is not enough for successful reforestation. The changes of lighting did not cause either positive or negative reactions of Siberian pines or fir trees undergrowth to an increase in lighting.

Keywords: *Dendrolimus sibiricus* Tschetv., island Siberian stone pine forests, natural regeneration, Tomsk Oblast.

How to cite: Pats E. N., Bisirova E. M. Reforestation of the Siberian stone pine forests at the southern limit of their distribution in Western Siberia after the outbreak foci of the Siberian moth // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2021. N. 5. P. 79–91 (in Russian with English abstract and references).