

УДК 630*431

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОЛИГРАФОМ УССУРИЙСКИМ ПИХТОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

С. В. Жила, И. В. Фуряев, Н. М. Ковалева

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок 50/28

E-mail: getgain@mail.ru, furya_i@mail.ru, nk-75@mail.ru

Поступила в редакцию 29.06.2023 г.

Проведена оценка изменения запасов лесных горючих материалов в пихтарниках крупнотравно-зеленомошных в подзоне южной тайги Красноярского края. Объектом исследования были темнохвойные насаждения с преобладанием пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) крупнотравно-зеленомошного типа леса, поврежденные полиграфом уссурийским (*Polygraphus proximus* Blandford). Установлено, что основной отпад приходится на деревья средних диаметров, подверженных значительному конкурентному давлению со стороны деревьев крупного размера. Проведена оценка запасов лесных горючих материалов (живого напочвенного покрова, упавших древесных горючих материалов, опада, подстилки). Установлено, что в нарушенных темнохвойных насаждениях на 8–10-й год с начала воздействия короеда они увеличиваются (с 24.01 до 41.53 т/га), в основном за счет упавших древесных горючих материалов (30.84 т/га), а также значительно возрастают запасы травяно-кустарничкового яруса (с 0.31 до 1.93 т/га).

Ключевые слова: инвазия полиграфа уссурийского, нарушенные пихтарники, темнохвойные насаждения, упавшие древесные горючие материалы, отпад древостоя.

DOI: 10.15372/SJFS20230608

ВВЕДЕНИЕ

О проблеме гибели темнохвойных лесов в результате инвазии полиграфа уссурийского (*Polygraphus proximus* Blandford) в России известно с начала 2000-х годов. В последние десятилетия данный короед является одним из основных факторов широкомасштабного усыхания пихтовых лесов на территории Сибири. Возникновению вспышек массового размножения его популяции способствовало ухудшение жизненного состояния древостоев, в том числе в результате водных стрессов, которым подвергались темнохвойные насаждения (Харук и др., 2019; Kharuk et al., 2019). К 2017 г. усыхание пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) распространилось на весь ареал ее произрастания, местами гибло до 75 % древостоев (Керчев, 2014; Kerchev, 2014). К тому же этот вид оказался крайне неустойчивым к комплексу патогенных

офиостомовых грибов, связанных с полиграфом, что приводило к чрезвычайно быстрому усыханию пораженных короедом деревьев (Пашенова и др., 2012; Баранчиков и др., 2014).

Повреждение пихты сибирской уссурийским полиграфом актуально в последние десятилетия и для Красноярского края. По данным Красноярского филиала Рослесозащиты на 2018 г., поврежденные полиграфом уссурийским насаждения отмечены на площади 225.6 тыс. га (Soldatov et al., 2019), а к 2021 г. – уже на площади 571 тыс. га (Центром..., 2021). Усыхание охватило территории 39 лесничеств Красноярского края. При этом наибольшие повреждения были сосредоточены в Таежинском (146.3 тыс. га) и Большемурутинском (68.3 тыс. га) лесничествах. Прогнозируется дальнейшее расширение вторичного ареала полиграфа, в том числе формирование новых очагов вредителя (Центром..., 2021).

Под воздействием полиграфа уссурийского происходит деградация пихтовых лесов. Гибель древостоев ведет к изменению микроклиматических условий и, как следствие, к структурному изменению подроста, а также живого напочвенного покрова (Керчев, 2014; Kerchev, 2014). В нарушенных насаждениях наблюдается значительное изменение видового состава травяно-кустарничкового яруса, а также его запасов, что способствует повышению пожароопасности темнохвойных насаждений (Астапенко и др., 2014; Чернова, 2014; Кривец и др., 2015; Krivets et al., 2015; Шабалина и др., 2017; Дебков, 2018; Бакшеева и др., 2021).

Природная пожарная опасность темнохвойных лесов в ненарушенном состоянии довольно низка, это обуславливается морфологическими особенностями данных насаждений (Stikel, 1934; Мелехов, 1947; Wekk, 1950; Ломов, 2019). Однако картина совершенно меняется в случае усыхания насаждений в результате нашествия полиграфа уссурийского. Массовая гибель древостоев повышает вероятность возникновения крупных пожаров.

В настоящее время в научной литературе недостаточно освещена тема оценки пожарной опасности темнохвойных насаждений, нарушенных полиграфом. Работа по оценке пожарной опасности нарушенных сибирским шелкопрядом (*Dendrolimus sibiricus* Tschetverikov) темнохвойных насаждений проводилась специалистами лаборатории лесной пирологии Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР в 60-е годы прошлого столетия. Установлено, что основным фактором повышения пожарной опасности нарушенных шелкопрядом насаждений явилось увеличение запаса по всем видам лесных горючих материалов (Фурьев, 1966). Для успешной оценки пожарной опасности пихтовых насаждений необходимо понимать интенсивность накопления лесных горючих материалов после воздействия короеда. Важной

задачей является мониторинг за процессами формирования запасов лесных горючих материалов в свете разрастающейся угрозы тотального усыхания пихтовых насаждений.

С учетом актуальности существующей проблемы целью данного исследования была оценка изменения запасов лесных горючих материалов в поврежденных пихтовых древостоях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований относится к Среднесибирской равнине, расположен в ее южно-таежной части, на стыке с горной системой Восточного Саяна и входит в территорию водораздела бассейнов Оби и Енисея, для которого характерно наличие обширных плоскогорий, а также плоских водораздельных гор высотой до 877 м над ур. м. Климат района умеренно-континентальный, с холодной длинной зимой и жарким коротким летом. Для района характерно достаточное и даже избыточное количество осадков (в год 800 мм, и более). Почвы подзолистые, имеют развитый гумусовый горизонт, выраженную кислую реакцию (Бугаков и др., 1981).

Объектом исследований были темнохвойные насаждения с преобладанием пихты сибирской крупнотравно-зеленомошного типа леса. Для оценки запасов лесных горючих материалов (ЛГМ) в нарушенных полиграфом уссурийским пихтовых насаждениях были заложены четыре пробные площади (пп) размером 0.25 га (табл. 1).

Пп 1 с усыханием древостоя 75–80 % и пп 2 (контроль) расположены в Мининском лесничестве (55°99' с. ш. и 92°06' в. д.). Пп 3, где усыхание пихты составило 45–50 %, и пп 4 (контроль) расположены в Емельяновском лесничестве (56°13' с. ш. и 91°59' в. д.).

По данным лесоустройства, повреждение пихты сибирской на пп 1 началось в 2012–2013 гг.,

Таблица 1. Таксационные показатели древостоев пробных площадей

Номер пп	Средние		Состав (возраст, лет)	Полнота	Бонитет	Густота древостоя, деревьев/га		Древесный запас, м³/га		Подрост, тыс. шт./га
	D, см	H, м				живых	сухих	живых	сухих	
1	23.9	23.5	10П (125), ед. Б	0.6	III	113	363	51	169	3.88
2	22.9	23.0	10П (125), ед. Б	0.6	III	352	151	202	35	0.92
3	21.8	22.3	10П (130), ед. Б, Е	0.6	III	181	322	69	153	5.55
4	26.3	24.9	10П (130), ед. Б, Е	0.6	III	333	169	213	30	1.60

Примечание. П – пихта сибирская; Е – ель (*Picea* A. Dietr.); Б – береза (*Betula* L.).

на пп 2 – в 2020 г. Таксационные показатели древостоев пробных площадей приведены в табл. 1.

Контрольные насаждения одноярусные, с хорошо развитым подлеском из спиреи рябинолистной (*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun), рябины сибирской (*Sorbus aucuparia* subsp. *sibirica* (Hedl.) Krylov), малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.). Средний возраст древостоев 120–130 лет. Травяно-кустарничковый ярус представлен двумя подъярусами: в первом доминирует вейник тупочешуйный (*Calamagrostis obtusata* Trin.), содоминирует борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle), во втором значительное участие принимают линнея северная (*Linnaea borealis* L.), ортилия однобокая (*Orthilia secunda* (L.) House), мителла голая (*Mitella nuda* L.), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt).

Общее проективное покрытие мохового покрова 30–40 %. Доминирует ритидиладельфус трехгранный (*Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst), содоминируют – гилокомиум блестящий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.), плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.), птилиум гребенчатый (*Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.).

Деревья исследовали методом перечислительной таксации (Van Wagner, 1968; McRae et al., 1979). У каждого дерева измеряли высоту, диаметр на высоте 1.3 м от основания ствола, учитывали состояние крон. Для изучения экологических последствий инвазии и процессов трансформации в нарушенных полиграфом уссурийским насаждениях была проведена оценка жизненного состояния поврежденных древостоев. Жизненное состояние деревьев на пробных площадях оценивали по методике В. А. Алексеева (1989). Отпад деревьев на пробных площадях с частичным и значительным повреждением полога был рассчитан по количеству свежего и старого сухостоя. Всего обследовано 400 деревьев. Описание нижних ярусов растительности проводили по методике А. В. Побединского (1962). Для учета возобновления были заложены и обмерены 34 учетные площадки размером 2 × 2 м.

Образцы ЛГМ были собраны по методике Н. П. Курбатского (1970). На каждой пробной площади закладывали по 15 учетных площадок (размером 25 × 20 см), на которых определяли запасы ЛГМ: живого напочвенного покрова (трав, кустарничков, мхов), опада по фракциям (хвоя, кора, шишки, веточки, листья), ветоши,

подстилки. На углах заложенной площадки измеряли толщину слоя лесных горючих материалов, а также отдельно учитывали мощность мохового покрова. В лабораторных условиях образцы высушивали до абсолютно сухого состояния. Всего было отобрано 200 образцов живого напочвенного покрова, опада и подстилки.

Запас упавших древесных горючих материалов (УДГМ) определяли методом пересеченных линий. Он заключается в определении классов диаметра элементов древесных горючих материалов (менее 7 см в диаметре), входивших в вертикальную плоскость пересечения с пробной линией, при помощи специальной мерной вилки, просветы между зубцами которой соответствуют разным классам диаметра. Элементы свыше 7 см в диаметре, попавшие в эту плоскость, измеряли с помощью большой мерной вилки с точностью до 0.1 см. Учет производили на линии длиной 5 м (всего было заложено 42 линии). В конце измерений количество элементов, пересеченных линией, складывалось по классам диаметра для пробной точки, где проводили пересчет упавших древесных горючих материалов. В дальнейшем для определения запаса упавших ветвей и валежа был подобран соответствующий постоянный переводной коэффициент, который умножали на число пересеченных элементов данного класса диаметра (Van Wagner, 1968; McRae et al., 1979).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований установлено, что инвазия короеда полиграфа уссурийского в исследуемых темнохвойных насаждениях привела к изреживанию древостоев (рис. 1).



Рис. 1. Насаждение пихты сибирской, поврежденное уссурийским полиграфом (пп 3).

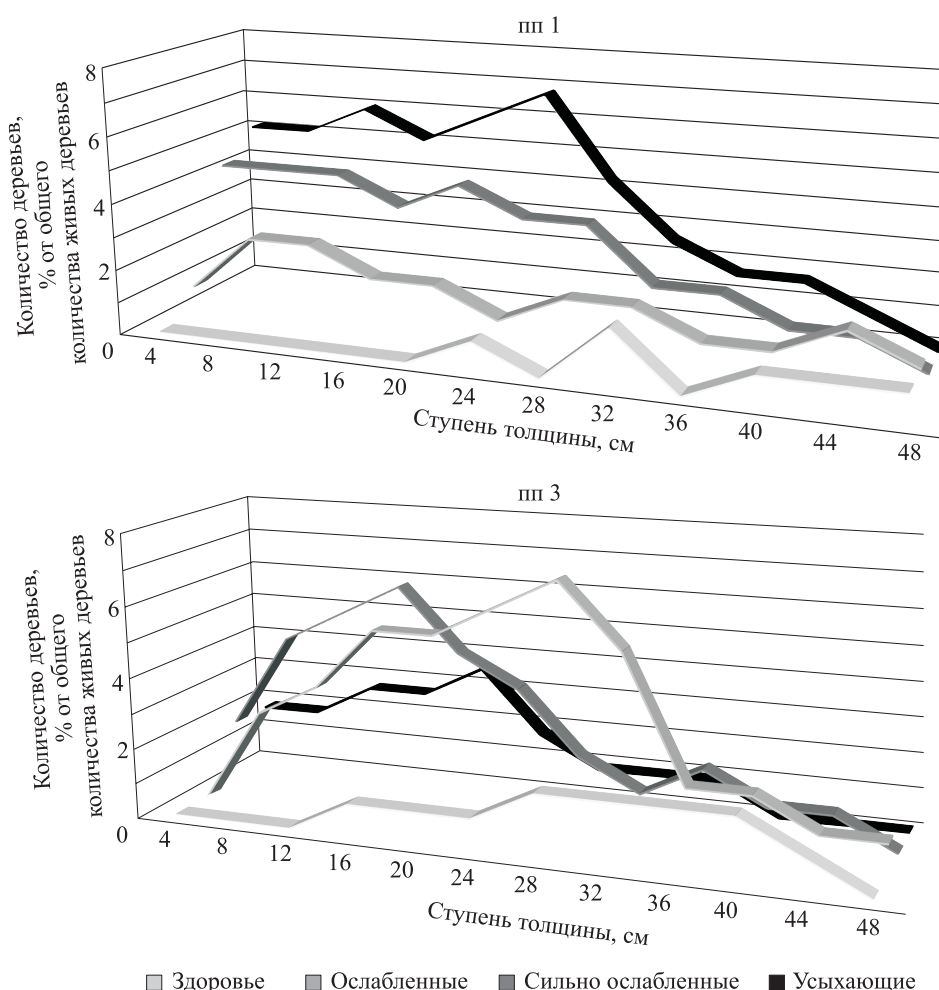


Рис. 2. Жизненное состояние деревьев в нарушенных насаждениях.

В нарушенных насаждениях наблюдалась отрицательная динамика состояния древостоев. В результате деятельности инвайдера значительно уменьшилась доля здоровых особей пихты, произошло увеличение доли ослабленных, сильно ослабленных и погибших деревьев, а также массовое образование валежа.

Сильная степень деградации пихтовых насаждений наблюдалась на пп 1. Значительная доля живых деревьев отнесена к категориям усыхающих и сильно ослабленных, данный показатель составил соответственно 45 и 32 % от общего числа живых деревьев. Наибольшая доля усыхающих деревьев (5–7 %) от общего количества живых деревьев отмечена на 16–24-й ступенях толщины. Дальнейшему ослаблению и усыханию в большей степени подверглись деревья небольших диаметров (рис. 2).

В первую очередь короедом поражаются деревья ослабленные, отстающие в росте, произрастающие на участках с дефицитом увлажнения (Баранчиков и др., 2014; Кривец и др., 2015;

Krivets et al., 2015; Шабалина и др., 2017; Харук и др., 2019; Kharuk et al., 2019). На пп 3 выявлена значительная часть деревьев с неудавшимися попытками заселения полиграфа, об этом свидетельствовали смоляные потеки в местах попыток втачивания. Данный показатель составил 25 % от общего числа ослабленных деревьев.

Доля здоровых деревьев на пп 1 и 3 составила 5 и 11 % соответственно, основная масса приходилась на особи со средними и большими диаметрами стволов (26–50 см).

Таким образом, исследованные нами пихтовые насаждения можно отнести к утратившим свою устойчивость. Поражение стволовыми вредителями привело к отпаду деревьев, который в несколько раз превысил количество отпада на контроле. Отпад деревьев на пробных площадях составил до 80 % от общего числа деревьев на пп 1 и до 50 % на пп 3.

Наибольшее количество отпада приходится на деревья малых и средних ступеней толщины (рис. 3).

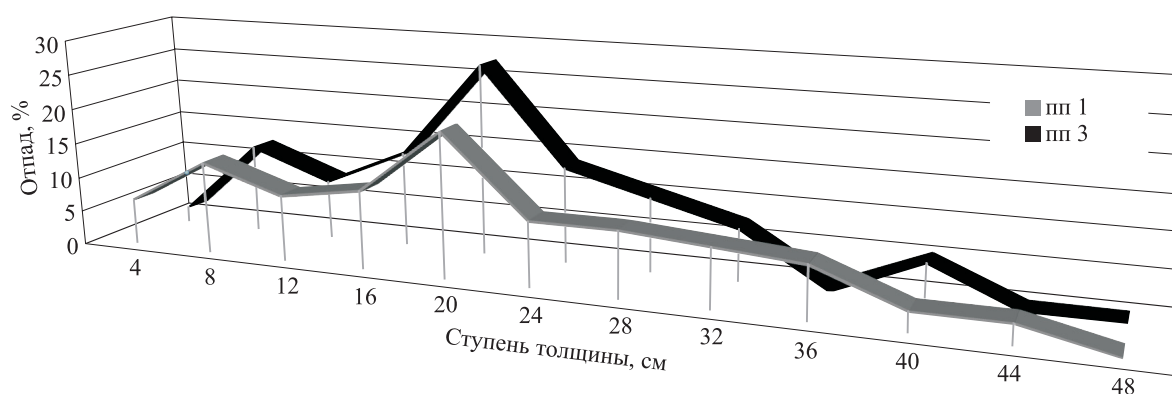


Рис. 3. Отпад деревьев в нарушенных насаждениях (пп 1 и пп 3) по ступеням толщины.

Данная закономерность наблюдается на пробных площадях независимо от степени нарушенности древостоя. Исходя из этого, можно прогнозировать, что в течение 3–5 лет жизненное состояние деревьев на пробной площади с меньшей нарушенностью изменится.

Массовое усыхание и гибель древостоев, в свою очередь, приведет к значительному увеличению запасов УДГМ и повышению пожароопасности исследуемых насаждений.

Подобные закономерности были отмечены российскими и зарубежными авторами при исследовании насаждений на ранних этапах размножения короедов. При массовом заселении пихт в очагах размножения вредителя здоровые деревья переходят в состояние сухостоя уже на 3–4-й год (Баранчиков и др., 2014; Кривец и др., 2015; Krivets et al., 2015).

Усыхание деревьев, разрушение кроны, обламывание сухих ветвей, переход сухостоя в валеж в исследуемых насаждениях привели к изменению светового, а также теплового режимов под кронами основного яруса. В нарушенных насаждениях наблюдается значительное изменение видового состава травяно-кустарничкового яруса, а также его запасов, что способствует повышению пожароопасности темнохвойных насаждений (Астапенко и др., 2014; Чернова, 2014; Кривец и др., 2015; Krivets et al., 2015; Шабалина и др., 2017; Дебков, 2018; Бакшеева и др., 2021).

Так, на пп 1 с отпадом деревьев верхнего яруса до 80 % запас травяно-кустарничкового яруса составил более 1.93 т/га (табл. 2).

Основная доля в запасе приходилась на следующие виды: борец северный, кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), вейник тупочешуйный. На пп 3 с частичным отпадом древесного яруса (до 50 %) запас данного показателя составил 1.08 т/га и также увеличилась доля крупнотравных видов.

Запас УДГМ варьировал на пп от 17 до 30 т/га в зависимости от степени нарушенности насаждения, что в 3–5 раза превышало данный показатель в ненарушенных насаждениях (табл. 2).

Крупные древесные остатки, ветки и валеж, накапливаясь в больших количествах, создают захламленность, что, в свою очередь, увеличивает пожароопасность насаждений (Курбатский, 1970).

Наибольший запас лесных горючих материалов установлен на пробной площади с 80%-м отпадом деревьев – 41.53 т/га, что в 3.7 раза превышает общий запас ЛГМ на контроле. На пробной площади с 50 %-м отпадом деревьев данный показатель составляет более 24 т/га (табл. 2).

Учитывая временной фактор и жизненное состояние древостоя, на данном участке можно спрогнозировать значительное увеличение общего запаса ЛГМ.

Таблица 2. Запасы лесных горючих материалов на пробных площадях, т/га

Номер пп	Травы и кустарнички	Опад	Мхи	Упавшие древесные горючие материалы	Подстилка	Всего
1	1.93 ± 0.07	3.85 ± 0.19	–	30.84 ± 4.05	4.91 ± 0.44	41.53
2 (контроль)	0.73 ± 0.07	1.57 ± 0.31	0.31 ± 0.19	5.62 ± 1.43	2.93 ± 0.44	11.16
3	1.08 ± 0.05	2.67 ± 0.10	–	17.08 ± 2.96	3.18 ± 0.10	24.01
4 (контроль)	0.49 ± 0.07	1.65 ± 0.19	0.71 ± 0.21	6.04 ± 1.70	2.10 ± 0.44	10.99

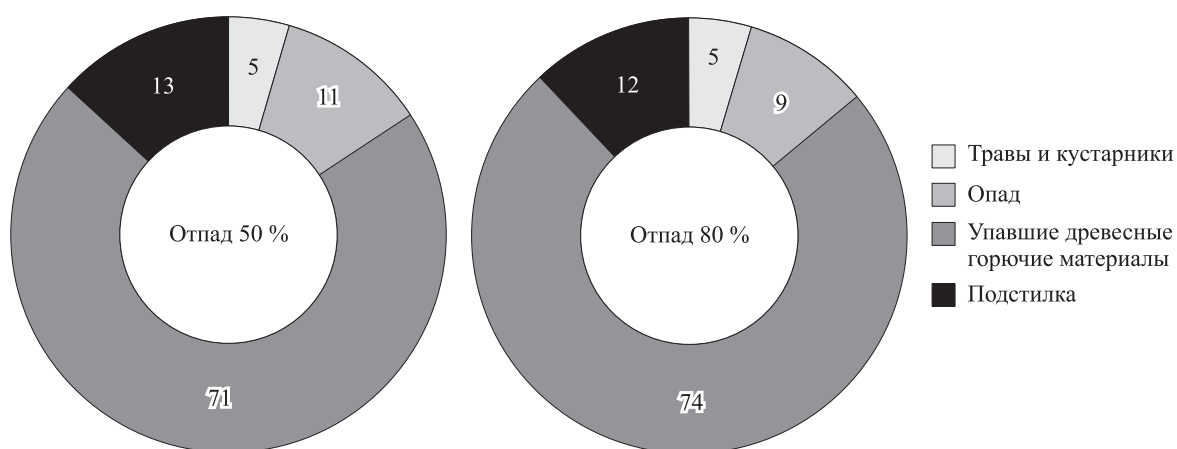


Рис. 4. Структура запасов лесных горючих материалов в темных хвойных насаждениях с разной степенью нарушения, %.

На рис. 4 приведена структура запасов лесных горючих материалов в нарушенных насаждениях.

Доля упавших древесных горючих материалов в общем запасе нарушенных насаждений достигала 74 %.

Темных хвойных насаждения, нарушенные сибирским шелкопрядом схожи по развитию ситуации массового накопления лесных горючих материалов (Фурьев, 1966; Гродницкий и др., 2002).

Был проведен сравнительный анализ данных по запасам ЛГМ в темных хвойных насаждениях, нарушенных полиграфом уссурийским (табл. 2) и сибирским шелкопрядом (табл. 3).

Для корректного сравнения выбрали древостои с одинаковым сроком с момента начала повреждения древостоев энтомофагами.

Сравнение запасов ЛГМ позволяет сделать вывод, что динамика их накопления различается. В первую очередь это касается временного периода, за который происходит деградация и распад древостоя. В нарушенных шелкопрядом древостоях происходит быстрая гибель деревьев из-за повреждения ассимиляционного аппарата хвойного дерева. Распад древостоя неизбежно ведет к значительному накоплению ЛГМ и ухудшению пожароопасной ситуации.

Из табл. 3 видно, что запас трав и кустарников в нарушенном насаждении увеличился

в 2–3 раза по сравнению с контролем. Общий запас ЛГМ увеличился более чем в 3 раза по сравнению с не нарушенным шелкопрядом насаждением. Основной вклад в запас внесли подстилка, а также ветки и сучья – 32 и 24.3 т/га соответственно.

При воздействии полиграфа уссурийского усыхание и гибель древостоев идет более медленно, что влияет на скорость накопления и созревания горючих материалов по сравнению с шелкопрядниками. При этом уже спустя несколько лет после воздействия данного короеда наблюдается увеличение запасов живого напочвенного покрова в несколько раз.

Несмотря на схожесть объектов по типу леса и основным лесоводственно-таксационным характеристикам, соотношение запасов в них разное. Вероятно, это объясняется разной скоростью и особенностями процессов деградации темных хвойных насаждений под воздействием полиграфа уссурийского и сибирского шелкопряда. В нарушенных полиграфом насаждениях основное увеличение запасов в структуре ЛГМ произошло за счет УДГМ (71–74 %), тогда как в шелкопрядниках этот показатель составил 34 %. В шелкопрядниках основной вклад в общий запас ЛГМ вносит подстилка (45 %), тогда как в полиграфниках ее доля составляет 12–13 % общего запаса. Основной проводник горения –

Таблица 3. Запасы ЛГМ (т/га) в нарушенном и не поврежденном сибирским шелкопрядом темных хвойном насаждении по данным В. В. Фурьева (1966)

Пробная площадь	Травянисто-кустарниковый ярус	Опад	Подстилка	Ветви и сучья на земле	Всего
Нарушенное насаждение	5.50	9.50	32.0	24.3	71.3
Контроль	2.20	3.80	12.8	4.86	23.66

опад – составляет сопоставимую долю в древостоях, нарушенных шелкопрядом (13%) и полиграфом (9–11 %).

Таким образом, можно сделать вывод, что воздействие энтомофитов приводит к изреживанию древесного полога, изменению лесорастительных условий, и, как следствие, увеличению запасов ЛГМ и пожароопасности нарушенных темнохвойных насаждений.

Учитывая, что в нарушенных полиграфах пихтарниках накапливаются значительные запасы ЛГМ, которые в зависимости от степени нарушения варьировали от 23 до 41 т/га, что в 2–4 раза превышает запасы в ненарушенных насаждениях. Таким образом, воздействие короеда приводит не только к усыханию пихтарников, но и способствует высокой вероятности возникновения в них катастрофических лесных пожаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показывают, что поврежденные полиграфом уссурийским темнохвойные насаждения становятся более пожароопасными. В первую очередь заселению короедами подвергаются ослабленные и угнетенные деревья. Под воздействием короеда и ассоциированных с ним офиостомовых грибов происходит ухудшение жизненного состояния древостоев, приводящее к их сильному ослаблению и усыханию. Массовый отпад деревьев в нарушенных насаждениях способствует увеличению запасов горючих материалов. Общий запас лесных горючих материалов в нарушенных темнохвойных насаждениях составил от 24.01 до 41.53 т/га. Основной вклад в общий запас внесли УДГМ (71–74 %) и живой напочвенный покров (12–13 %). За счет значительного увеличения запаса крупнотравных видов (вейник, борец, купырь) увеличилась пожароопасность нарушенных темнохвойных насаждений. Запас живого напочвенного покрова в нарушенных насаждениях увеличился более чем в 2 раза по сравнению ненарушенными. В насаждениях, не подвергшихся воздействию короеда, запас упавших древесных горючих материалов в несколько раз меньше, чем в нарушенных.

Исследования по оценке запасов лесных горючих материалов и пожароопасности в нарушенных темнохвойных насаждениях актуальны в связи с продолжающимися вспышками массового размножения полиграфа уссурийского.

В настоящее время из-за недостатка знаний экологии уссурийского полиграфа у работников

лесного хозяйства, позднего обнаружения очагов его массового размножения, недостаточного объема лесопатологических обследований, организационных сложностей при назначении санитарных рубок образовалось множество расстроенных пихтовых насаждений, непривлекательных для лесозаготовителей и представляющих пожарную опасность, серьезность которой трудно переоценить. Исходя из сказанного выше, данные исследования необходимо продолжить. Будут изучены участки с различной степенью нарушения и различными условиями местопроизрастания для оценки запасов ЛГМ в зависимости от времени разрушения древостоя.

Авторы признательны заведующему лабораторией лесной зоологии ИЛ СО РАН, кандидату биологических наук Ю. Н. Баранчикову за критическое и полезное обсуждение статьи. Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ СО РАН «№ FWES-2021-0010, Рег. НИОКТР № 121030900181-4».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- Астапенко С. А., Ягунов М. Н., Голубев Д. В., Сашко Е. В. Оценка воздействия и распространения насекомых-вредителей в лесах Красноярского края на примере полиграфа уссурийского // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., Железнодорожск, 2014 г. Железнодорожск: Сиб. пожар.-спас. акад., 2014. С. 46–51.
- Бакшеева Е. О., Головина А. Н., Морозов С. А. Лесовозобновление и пожароопасность пихтовых насаждений, поврежденных полиграфом уссурийским // Хвойные бореал. зоны. 2021. Т. 39. № 6. С. 443–450.
- Баранчиков Ю. Н., Демидко Д. А., Лаптев А. В., Петько В. М. Динамика отмирания деревьев пихты сибирской в очаге уссурийского полиграфа // Лесн. вестн. 2014. Т. 18. № 6. С. 132–138.
- Бугаков П. С., Горбачева С. М., Чупрова В. В. Почвы Красноярского края. Красноярск: Кн. изд-во, 1981. 128 с.
- Гродницкий Д. Л., Разнобарский В. Г., Солдатов В. В., Ремарчук Н. П. Деградация древостоев в таежных шелкопрядах // Сиб. экол. журн. 2002. Т. 9. № 1. С. 3–12.
- Дебков Н. М. Закономерности изменения структуры пихтовых лесов, поврежденных в результате инвазии уссурийского полиграфа // Лесотехн. журн. 2018. № 1. С. 13–22.
- Керчев И. А. Экология полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западно-Сибирском регионе инвазии // Рос. журн. биол. инваз. 2014. Т. 7. № 2. С. 80–95.

- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Керчев И. А., Пац Е. Н., Чернова Н. А. Трансформация таежных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Рос. журн. биол. инваз. 2015. Т. 8. № 1. С. 41–63.
- Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
- Ломов В. Д. Пожарная опасность в лесах Владимирской Мещеры // Лесн. вестн. 2019. Т. 23. № 2. С. 115–120.
- Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск: ОГИЗ, 1947. 60 с.
- Пашенова Н. В., Петько В. М., Керчев И. А., Бабицев Н. С. Перенос офиостомовых грибов уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) в Сибири // Изв. СПбЛТА. 2012. № 200. С. 114–120.
- Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов: Метод. указ. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1962. 60 с.
- Фураев В. В. Шелкопрядники тайги и их выжигание. М.: Наука, 1966. 92 с.
- Харук В. И., Шущпанов А. С., Петров И. А., Демидко Д. А., Им С. Т., Кнорре А. А. Усыхание *Abies sibirica* Ledeb. в горных лесах Восточного Саяна // Сиб. экол. журн. 2019. Т. 26. № 4. С. 369–382.
- Центром защиты леса Красноярского края спрогнозирована санитарная и лесопатологическая ситуация на первое полугодие 2022 года. Красноярск: Центр защиты леса Красноярского края, 25 ноября 2021. <https://krasnoyarsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/tsentrom-zashchity-lesa-krasnoyarskogo-kraya-sprognozirovana-sanitarnaya-i-lesopatologicheskaya-situ/>
- Чернова Н. А. Трансформация растительного покрова пихтовых лесов Томской области под влиянием уссурийского полиграфа // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 3. № 2. С. 271–277.
- Шабалина О. М., Безкоровая И. Н., Баранчиков Ю. Н. Изменение нижних ярусов фитоценозов пихтовых лесов в очагах массового размножения уссурийского полиграфа (*Polygraphus Proximus* Blandf.) на территории Красноярского края // ИВУЗ. Лесн. журн. 2017. № 2. С. 67–84.
- Kerchey I. A. Ecology of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera; Curculionidae, Scolytinae) in the west Siberian region of invasion // Rus. J. Biol. Invas. 2014. V. 5. Iss. 3. P. 176–185 (Original Rus. text © I. A. Kerchey, 2014, publ. in Ros. zhurn. biol. invas. 2014. V. 7. N. 2. P. 80–95).
- Kharuk V. I., Shushpanov A. S., Petrov I. A., Demidko D. A., Im S. T., Knorre A. A. Fir (*Abies sibirica* Ledeb.) mortality in mountain forests of the Eastern Sayan Ridge, Siberia // Contemp. Probl. Ecol. 2019. V. 12. Iss. 4. P. 299–309 (Original Rus. text. © V. I. Kharuk, A. S. Shushpanov, I. A. Petrov, D. A. Demidko, S. T. Im, A. A. Knorre, 2019, publ. in Sib. ekol. zhurn. 2019. V. 26. N. 4. P. 369–382).
- Krivets S. A., Bisirova E. M., Kerchey I. A., Pats E. N., Chernova N. A. Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) // Rus. J. Biol. Invas. 2015. V. 6. Iss. 2. P. 94–108 (Original Rus. text © S. A. Krivets, E. M. Bisirova, I. A. Kerchey, E. N. Pats, N. A. Chernova, 2015, publ. in Ros. zhurn. biol. invas. 2015. V. 8. N. 1. P. 41–63).
- McRae D. J., Alexander M. E., Stocks B. J. Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: A handbook. Rep. 0-X-287. Great Lakes For. Res. Cent. Can. For. Serv. Dpt. Environ. Sault Ste. Marie, Ontario, 1979. 44 p. + Append.
- Soldatov V. V., Golubev D. V., Ostroshinskaya E. M., Gninenko Yu. I. *Polygraphus proximus* in the Krasnoyarsk territory // Invasive dendrophilous organisms: challenges and protection operations / Yu. I. Gninenko (Gen. ed.). Pushkino: VNIILM (All-Rus. Sci. Res. Inst. Silvicult. & Mechanizat. For.), 2019. P. 104–109.
- Stikel P. W. Weather and forest fire hazard with special reference to the upper altitudinal spruce- balsam fir region of Northern New York // J. For. 1934. V. 32. Iss. 1. P. 76–79.
- Van Wagner C. E. The line intersect method in forest fuel sampling // For. Sci. 1968. V. 14. Iss. 1. P. 20–26.
- Wekk J. Die Waldbrand, seine Vorbeugung und Kampfung. Stuttgart: Koehammer Verland, 1950. 83 p.

ASSESSMENT OF STOCKS OF FOREST COMBUSTIBLE MATERIALS IN FIR STANDS, DAMAGED BY THE FOUR-EYED FIR BARK BEETLE IN KRASNOYARSK KRAI

S. V. Zhila, I. V. Furyaev, N. M. Kovaleva

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: getgain@mail.ru, furya_i@mail.ru, nk-75@mail.ru

An assessment has been made of changes in the stocks of forest combustible materials in large grass-green moss fir forests in the southern taiga subzone of the Krasnoyarsk Krai. The object of the study was dark needle coniferous with a predominance of the Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) of tall grass-green moss forest type, damaged by four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandford). It has been established that the main mortality of trees occurs in trees of medium diameter, which were subjected to significant competitive pressure from large-sized trees. An assessment of forest combustible materials stocks (living ground cover, fallen wood combustible materials and litter) was carried out. It has been established that in disturbed dark needle coniferous stands in the 8–10th year from the beginning of the bark beetle's impact, the stock of forest combustible materials increases (from 24.01 to 41.53 t/ha). The increase was mainly due to fallen wood combustible materials (30.84 t/ha). In the disturbed stands, a significant increase in the reserves of the grass-shrub layer was also noted (from 0.31 to 1.93 t/ha).

Keywords: *invasion of the four-eyed fir bark beetle, disturbed fir forests, dark needle coniferous stands, fallen woody combustible materials, tree stand mortality.*

How to cite: Zhila S. V., Furyaev I. V., Kovaleva N. M. Assessment of stocks of forest combustible materials in fir stands, damaged by the four-eyed fir bark beetle in Krasnoyarsk Krai // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 6. P. 76–84 (in Russian with English abstract and references).