

ВОЗМОЖНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ¹

А.В. Селиховкин^{1,2}, Б.Г. Поповичев¹

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет;

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: a.selikhovkin@mail.ru; b.g.popovichev@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.05.2016; принята к печати 06.06.2016

Рассмотрены подходы к созданию системы для количественной оценки воздействия катастрофических факторов на лесные экосистемы. Отмечена возможность использовать в управлении лесными экосистемами общие понятия теории катастроф. Предложено использовать данные лесопатологического мониторинга (ЛПМ) для оценки и прогнозирования критического уровня воздействия катастрофических факторов. На основании данных мониторинга лесных экосистем Ленинградской области и собственных исследований авторов дана характеристика наличия и возможности получения репрезентативной количественной оценки для основных катастрофических факторов. Сделан вывод, что создание моделей, позволяющих оценить критический уровень воздействия катастрофических факторов на основе данных лесопатологического мониторинга, возможно в принципе, но требует проведения дополнительных исследований, включая обобщение, анализ и верификацию имеющихся данных, а также, для некоторых факторов, проведения целевых полевых исследований. Предложено решать задачи количественной оценки порогового уровня воздействия катастрофических факторов для модельных регионов (Ленинградская область, Республика Татарстан или Красноярский край) в следующей последовательности: (1) на основе имеющейся информации создать базу данных об уровне воздействия стрессовых факторов и ответных реакциях лесных экосистем, используя данные ЛПМ, материалы публикаций и научных отчетов, акты лесопатологических обследований и консультации со специалистами; (2) создать сеть пробных площадей для количественной оценки воздействия некоторых параметров экосистемы; (3) провести тестовый расчет маргинальных значений стрессовых факторов; (4) предложить систему лесохозяйственных мероприятий в случае прогнозируемого или возникающего катастрофического события и оценить ее эффективность.

Ключевые слова: лесные экосистемы, количественная оценка, катастрофические факторы.

ON THE POSSIBILITY TO QUANTITATIVELY ASSESS THE IMPACTS OF CATASTROPHIC FACTORS ON WOODLANDS

A.V. Selikhovkin^{1,2}, B.G. Popovichev¹

¹ Saint-Petersburg State Forest Technical University and

² Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

E-mail: a.selikhovkin@mail.ru; b.g.popovichev@yandex.ru

Approaches to the development of a system for assessing quantitatively the impacts of catastrophic factors on sylvan ecosystems are considered. The possibility is outlined that the general concepts of the catastrophe theory may be used in woodland management. It is suggested that wood pathology monitoring (WPM) data may be used to estimate and forecast the critical levels of the impacts of catastrophic factors. Based in the official data of monitoring the conditions of woodlands in Leningrad Oblast and on the results of original studies, the possibility to assess qualitatively the main catastrophic factors is investigated. The conclusion is that, based on WPM data, it is possible, in principle, to develop models providing for assessing the critical levels; however, additional studies that are required for this include the generalization, analysis and verification of available data and, for some factors, targeted field studies. It is suggested that for fulfilling these tasks, first of all, in reference regions (Leningrad Oblast, Tatar Republic, and Krasnoyarsk Region), the following is warranted: (1) to develop, based on the available information, such as WPM data, research publications and accounts, woodland investigation reports, and expert assessments, a database of stress impacts and the responses of sylvan ecosystems to them; (2) to develop a network of test areas for the quantitative assessments of key parameters of sylvan ecosystems; (3) to calculate the reference threshold values of stress factors; and (4) to devise a system for wood management interventions required in the cases of emerging catastrophic events and to assess its effectiveness.

Keywords: sylvan ecosystems, qualitative assessments, catastrophic factors.

Введение

Лесные экосистемы подвержены воздействию ряда факторов, которые приводят к полному разрушению древостоев и гибели многих других элементов лесного сообщества. Оценка критического уровня воздействия тех или иных стрессовых факторов является принци-

пиально важной, так как позволяет прогнозировать последствия и принимать адекватные решения по структуре последующих лесохозяйственных мероприятий, чтобы избежать потерь древесины, последующего размножения вредителей, возникновения пожароопасных ситуаций и других негативных последствий.

Основная информация о воздействии стрессовых, в том числе катастрофических, факторов на лесные экосистемы собирается в системе лесопатологиче-

¹ К 85-летию моего учителя Эрика Иосифовича Слепая. – А.В. Селиховкин.

ского мониторинга (ЛПИМ) службой защиты леса в составе Министерства природных ресурсов (МПР) России и Федерального агентства лесного хозяйства (ФАЛХ). Однако в ряде случаев получаемая информация не является репрезентативной или не дает возможности для дальнейшей количественной оценки уровня воздействия этих факторов и ответных реакций лесных экосистем из-за несопоставимости данных, получаемых в разных системах количественных оценок. Более того, на сегодняшний день в системе лесного хозяйства нет общего понимания того, какие же факторы являются катастрофическими. Не ясно, при каком уровне воздействия стрессовых факторов, силе ветра, плотности популяций вредителей, уровне промышленного загрязнения, изменении уровня грунтовых вод, интенсивности пожара, рекреационных нагрузок, выборочных рубок и распространения дендропатогенных организмов эти факторы становятся катастрофическими, то есть ведущими к необратимой гибели древостоя. При этом следует учесть, что критический уровень воздействия этих факторов будет зависеть от типа леса, структуры древостоя, экспозиции склонов и других особенностей структуры лесных экосистем. Также следует учитывать продолжительность и кратность воздействия этих факторов.

Целью данной работы было формирование общих подходов для количественной оценки интенсивности воздействия стрессовых факторов на лесные экосистемы.

1. Основные понятия и их использование в лесной экологии

В фундаментальной работе Э.И. Слепяна по экологической безопасности [17] детально рассмотрены экологические риски и причины их возникновения. По определению автора, «Экологический риск – риск возникновения отклонения от пределов изменчивости потоков вещества (массы), потоков энергии и потоков информации и обмена этими потоками, несохранения как их устойчивого неравновесия на более длительных промежутках времени, так и их надежности, устойчивости (устойчивого равновесия) и действенности (эффективности) на сравнительно менее длительных промежутках времени, если имеют место значительные количественные и качественные изменения их исторически возникших показателей». Э.И. Слепян выделил группы причин возникновения экологических рисков. В частности, среди причин, действующих на популяционном уровне, выделена группа, в полной мере применимая к лесной экосистеме. Эта группа включает распространение «...абиотических и биотических заболеваний и смертности (обусловленных воздействием химических соединений и физических полей, инфекциями и инвазиями, травматизмом, в том числе возникающим при пожарах, ветровале и иных стихийных бедствиях)».

Устойчивость – свойство системы оставаться в ограниченной области фазового пространства (по Лагранжу) или свойство системы в процессе изменения сколь угодно поздно и сколь угодно близко возвращаться к исходному состоянию (по Пуассону). Оба этих определения давно используются в экологии для характеристики резистентной и упругой устойчивости экосистем соответственно [1, 10] или меры чувствительности экосистем к нарушению [3].

В случае воздействия каких-либо внешних факторов устойчивость системы может быть преодолена. Она перейдет к другому состоянию. Этот процесс в физико-математических терминах определяется как фазовый переход: физическое явление, происходящее в макроскопических системах и состоящее в том, что в некоторых состояниях равновесия системы сколь угодно малое воздействие приводит к резкому изменению ее свойств; система из одной своей фазы переходит в другую [6]. Такой подход использован, например, при моделировании динамики плотности популяций насекомых-дендрофагов для случая «...переходов популяции из одного устойчивого состояния в другое и достижимости в определенных условиях тех или иных устойчивых состояний» [5].

В физике под фазовым переходом понимается скачкообразное изменение физических свойств при непрерывном изменении внешних параметров [4]. В фазовом переходе всегда существует характеристика (параметр) системы, которая скачкообразно меняется при фазовом переходе.

Близким к понятию фазового перехода является понятие «катастрофы» в смысле «теории катастроф», которую создал Р. Том и популяризовал К. Зиман (см. [1, 6]). «Катастрофа» в данном контексте означает резкое качественное изменение объекта при плавном количественном изменении параметров, от которых он зависит. Соответственно, катастрофические факторы – такие, которые, воздействуя на системы, приводят к скачкообразному фазовому переходу, то есть изменению ее структуры.

Применительно к лесной экосистеме и задачам данной работы «катастрофа» означает резкое качественное изменение лесной экосистемы при количественном изменении действующих на нее факторов. В вышеприведенном определении Р. Тома используется понятие «параметры», которое не вполне соответствует понятию «факторы», так как последнее не всегда относится к свойствам системы, от которых она зависит. Например, пожары или залповые промышленные выбросы не являются свойствами системы, а уровень грунтовых вод или плотность популяций насекомых-дендрофагов, напротив, является. В данном контексте понятие «факторы» включает как параметры системы или внутренние факторы, то есть воздействия, являющиеся свойствами системы, так и внешние факторы, то есть воздействия, не являющиеся свойствами системы.

Интенсивность воздействия факторов может изменяться не только плавно (уровень грунтовых вод, рекреационные нагрузки, распространение дендропатогенных организмов и др.), но и резко (ураганный ветер, залповые промышленные выбросы) или быть дискретными (пожар, сплошная рубка).

Допустим, что лесная экосистема имеет множество возможных состояний в определенных границах, характеризующихся различиями в состоянии древостоя. Это множество состояний составляет фазовое пространство лесной экосистемы. В процессе своего изменения (движения в фазовом пространстве) в том случае, если на экосистему оказывается некое внешнее воздействие, экосистема остается в рамках фазового пространства и, более того, стремится к некоему наиболее стабильному состоянию из множества возможных, то есть проявляет свойство гомеостаза.

Фазовый переход лесной экосистемы – это скачкообразный переход из одного фазового пространства в другое, предполагающий разрушение исходной системы. При фазовом переходе резко изменяются самые главные, первичные параметры, например, удельный объем, количество запасенной внутренней энергии, концентрация компонентов и т. п. Для лесной экосистемы такой переход будет означать гибель древостоя или, по крайней мере, гибель большей части деревьев основной лесобразующей породы и разрушение полога древостоя.

Факторы, изменение уровня воздействия которых может приводить к фазовому переходу лесной экосистемы, то есть к катастрофическому событию, гибели древостоя, будем считать катастрофическими.

Исходя из вышесказанного, классифицировать катастрофические факторы можно нижеследующим образом (табл. 1).

Возможность использования данных лесопатологического мониторинга для оценки вероятности возникновения катастрофических ситуаций

Основная информация о воздействии стрессовых и, в том числе, катастрофических факторов на лесные экосистемы собирается в системе лесопатологического мониторинга (ЛПО), созданной в середине прошлого столетия. Служба защиты леса в составе ФАЛХ продолжает эту работу и сегодня, выполняя и анализ собранной информации. Эта деятельность регулируется Лесным Кодексом Российской Федерации (2007 г.) и Правилами санитарной безопасности в лесах, утвержденными Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 24.12.2013 № 613. Ряд положений по проведению ЛПО сформулирован в методическом до-

кументе по обеспечению санитарной безопасности в лесах, утвержденном Приказом ФАЛХ от 9.06.2015 № 182 (<http://www.rosleshoz.gov.ru/docs>). Все эти документы не свободны от ряда неточностей и несоответствий, их критику можно найти на сайтах WWF и Greenpeace. Однако упомянутый «методический документ» задает целый ряд количественных критериев и определяет некоторые понятия, которыми не только можно, но и нужно оперировать при использовании статистической количественной информации по оценке состояния лесных экосистем.

При сборе данных в процессе ЛПО выделяют неблагоприятные условия, приводящие к гибели и ослаблению древостоя [7–9]. К ним, в частности, относят следующие:

- 1) пожары;
- 2) неблагоприятные погодные условия;
- 3) повреждения насекомыми и поражения болезнями;
- 4) антропогенные факторы, в частности, нелегальные рубки, подсочку и рекреацию;
- 5) воздействие промышленных выбросов;
- 6) повреждения дикими животными.

Каждый из факторов имеет весьма сложную структуру. Например, к неблагоприятным погодным условиям относят ураганные ветры, приводящие к массовому бурелому и ветровалу; ливни, во время которых происходит смыв отдельных участков леса или усыхание деревьев в результате длительного затопления; существенное изменение уровня грунтовых вод, вызывающее гибель древостоев; сильные повторяющиеся засухи; ранние осенние и поздние весенние заморозки, аномально сильные зимние морозы; снеголом (повреждение обильно выпавшим мокрым снегом)

Табл. 1

Классификация катастрофических факторов по отношению к воздействию на древостой (лесную экосистему)

Группа	Характеристика	Фактор	Характеристика	
Параметры (внутренние факторы) – воздействия, являющиеся свойствами системы	Все являются непрерывно действующими	Изменение уровня грунтовых вод	В зависимости от структуры древостоя и амплитуды колебаний может выступать как единственный катастрофический или становится катастрофическим при воздействии соответствующих параметров (например, засуха и размножение вредителей) или внешних факторов (вредители и выборочные рубки)	
		Погодные условия (температура, осадки, ветер)		
		Размножение вредителей		
		Распространение болезней		
Внешние факторы – воздействия, не являющиеся свойствами системы	Непрерывно действующие	Низовой пожар	В зависимости от структуры древостоя и интенсивности пожара может выступать как единственный катастрофический или становится катастрофическим при воздействии соответствующих параметров или других внешних факторов (ветер и вредители, изменение уровня грунтовых вод и низовой пожар)	
		Рекреационные нагрузки		
	Непрерывно действующие или дискретные в зависимости от интенсивности воздействия	Загрязнение		
		Выборочные рубки		
	Дискретные	Ураганный ветер		Всегда выступает как единственный катастрофический фактор
		Верховой или торфяной пожар		
Сплошная рубка				

и некоторые другие факторы. Соответственно в эту группу попадают непрерывно действующие параметры экосистемы, а также непрерывно действующие и дискретные внешние факторы.

Повреждения насекомыми и поражения болезнями включают множество видов и групп насекомых-дендрофагов, бактериальных, вирусных и грибных инфекций, поражения нематодами и др. Их можно отнести к непрерывно действующим параметрам, так как даже инвазионный вредитель или патоген после появления в структуре экосистемы становится ее элементом.

Структура перечисленных факторов меняется во времени (табл. 2), а также в зависимости от географического положения экосистемы и типа леса. Например, в Ленинградской области погодные и почвенные условия как причина ослабления и усыхания древостоев абсолютно доминируют с 2010 по 2013 г. Основным фактор – сильные ветра и образование массовых ветровалов, то есть непрерывно действующий параметр экосистемы. Пожары (внешний дискретный фактор) становятся доминирующим фактором при соответствующих погодных условиях, но в последние годы в Ленинградской области большое количество осадков и низкие температуры в течение вегетационного сезона привели к снижению роли этого фактора. В целом лесные пожары в северотаежных лесах, в особенности на торфяных болотах, очень опасное явление с самыми разными негативными последствиями. В отдельные годы площади лесов, пройденных пожарами на севере Европейской части России, в Мурманской, Архангельской, Ленинградской и Вологодской областях, республиках Коми и Карелия, достигают нескольких миллионов гектар. Данные по этим факторам достаточно полно отражают реальную ситуацию и, в целом, являются репрезентативными. Это можно отнести и к другим регионам, где мониторинг территории ведется на достойном уровне. Исключение составляют регионы Восточной Сибири и Дальнего Востока, где площади пожаров были огромными, а статистика возгораний и площадей существенно занижалась [15]. Эта ситуация послужила основанием для принятия ад-

министративных решений, что несколько улучшило отчетность. В настоящее время данные ФСЛ в значительной степени соответствуют данным спутниковой съемки.

Совсем иная картина складывается с вредителями и болезнями. Повреждения насекомыми и поражения болезнями, по данным МПР, как правило, играют серьезную роль в усыхании лесов. Однако имеющаяся информация не всегда отражает реальную ситуацию. Эта проблема обсуждалась в ряде публикаций [11–16, 18, 20]. Наличие некоторых очагов не фиксируется вообще по разным причинам или, наоборот, завышается по соображениям коммерческой выгоды. В последнем случае такое завышение площадей очагов и роли вредителей и болезней в изменении состояния древостоев ложно обосновывает необходимость проведения санитарных рубок в защитных лесах [12, 20]. Нередко возникают ошибки из-за низкой квалификации служащих, проводящих обследования [1, 16]. Проведенный ранее анализ и верификация данных ФСЛ показала, что репрезентативными являются данные, отражающие масштабные вспышки массового размножения хорошо известных видов, например, непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (Linnaeus) или сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Chetverikov.

Весьма специфичной является ситуация с развитием болезней. Например, в Ленинградской области в 2004–2007 гг. произошло резкое нарастание площади лесов, погибших от грибных заболеваний. В 2004 г. погибло 1500 га, в 2005 – 2500, в 2006 – более 4000 и в 2007 – 3500 га. Площадь очагов болезней в 2007 г. составляла 16466 га! Но в остальные годы площадь погибших насаждений по этой причине не превышает 1000 га, то есть неожиданно древостои после 2007 г. стали устойчивее к дендропатогенным грибам. При этом в обзорах лесопатологического и санитарного состояния Центра защиты леса Ленинградской области 2007 и 2008 гг. утверждается, что основными «болезнями, влияющими на состояние лесонасаждений в Ленинградской области, являются губки: корневая, сосновая, еловая; трутовики: ложный, осиновый, настоящий, березовый; некроз-

Табл. 2

Распределение площади насаждений в неудовлетворительном санитарном состоянии по величине усыхания и причинам их гибели и ослабления, площадь насаждений с наличием усыхания/из них: погибшие в текущем году (га). По данным обзоров лесопатологического и санитарного состояния лесов Ленинградской области в 2007–2013 гг. (<http://czlspb.ru/>)

Год	Насекомые	Болезни	Погодные и почвенные условия	Пожары	Антропогенные факторы	Итого
2007	2103/458	16466/3501	4416/3805	6074/3365	646/509	29711/11644
2008	830/638	7892/1132	1553/1472	1160/539	699/527	12134/4308
2009	507/299	1573/762	1433/750	1422/693	351/314	5286/2818
2010	984/389	2081/573	19568/13579	400/121	527/171	23560/14853
2011	280/87	1846/342	29220/21829	250/122	418/128	32014/22508
2012	286/269	1437/700	33812/19326	282/404	655/481	36472/21180
2013	278/143	988/658	11263/8390	73/71	700/639	13301/9752
Среднее, га	753/326	4611/1095	14466/9879	1380/759	571/396	21783/12438
Среднее, %	3,5/2,6	21,2/8,8	66,4/79,4	6,3/6,1	2,6/3,2	100/100

Примечание. Учитывались также повреждения дикими животными (отмечались только в 2007 г. – 7 га) и в составе антропогенных факторов, отдельно, повреждения промышленными выбросами (только в 2012 г. – 7 га).

но-раковые заболевания» (<http://czlspb.ru/>). Следует отметить, что еловая губка в Ленинградской области встречается нечасто. Трутовые грибы могут влиять на состояние насаждений, но вряд ли образуют очаги, непосредственно приводящие насаждение к гибели. При этом в каждом из нескольких лесхозов, расположенных на востоке Ленинградской области, в Винницком, Ефимовском, Лодейнопольском и Оятском, площадь очагов в 2007 г. превышала 1000 га, а в Сиверском лесхозе составляла 2580 га. Публикации в научной литературе о наличии в Ленинградской области очагов такой площади нам не встречались. Во всех этих лесхозах к 2004 г. сохранились значительные площади спелых и перестойных ельников и сосняков с высоким запасом древесины. Все это заставляет предполагать, что данные о причинах усыхания, по меньшей мере, не вполне корректны, существенно завышены и ориентированы на проведение сплошных санитарных рубок.

В Республике Татарстан, где нами проводилось натурное лесопатологическое обследование, отсутствуют коммерчески ориентированные «диагнозы» состояния древостоев. Значимые очаги корневой губки *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. и бактериальной водянки существуют в реальности. Площадь насаждений, зараженных корневой губкой, в 2012–2014 гг. составляла в среднем примерно 2000 га, а бактериальной водянкой – 4000 га. Однако в отношении других патогенных организмов и насекомых-дедрофагов в данных ЛПО неоднократно обнаруживались ошибки в видовой принадлежности патогенов [1, 16]. В связи с этим получение корректных данных по этой группе параметров экосистемы весьма затруднительно.

Положительным моментом является неплохо структурированный методический документ «...по обеспечению санитарной безопасности в лесах, утвержденный Приказом ФАЛХ от 9.06.2015 № 182 (<http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/>)». Количественные критерии для оценки интенсивности воздействия популяций насекомых-дендрофагов и дендропатогенных организмов, рекомендуемые в этом документе, коррелируют с критериями, предложенными ранее на основе многолетних полевых исследований [11–14].

Погодные и почвенные условия являются сложной группой параметров, которые имеют очень хорошую количественную интерпретацию. По большинству из них, температуре, влажности, силе ветра, имеется репрезентативная информация. Однако некоторые, чрезвычайно важные параметры, в частности, динамика уровня грунтовых вод для лесных экосистем, не имеют информационной базы. В подавляющем большинстве случаев для этого параметра возможна только качественная оценка «больше – меньше», основанная на количестве осадков. В связи с этим данный параметр обычно не учитывается и рассматривается как причина усыхания древостоя только в отдельных случаях, например, при подтоплении древостоя в результате дорожного строительства. В частности, усыхание ельников на Карельском перешейке в 2014–2015 гг., по всей вероятности, обусловлено снижением уровня грунтовых вод из-за незначительного снегового покрова в последние три года и строительства федеральной трассы Санкт-Петербург–Сортавала. Резкое ослабление древостоя

обусловило размножение короеда типографа *Ips typographus* (Linnaeus) и других стволовых вредителей. В настоящее время предполагается проведение сплошных санитарных рубок на площади более 10000 га для «борьбы» с этим вредителем и некими болезнями, которые весьма произвольно указываются в актах лесопатологических обследований некоторых частных предприятий. В этой ситуации наличие наблюдений за колебанием уровня грунтовых вод позволило бы избежать катастрофических последствий за счет своевременного проведения мелиоративных мероприятий и, если таковые невозможны, своевременного проведения рубки.

Среди антропогенных факторов выделяют различные виды специфических рубок, подсочку и рекреацию. Рекреационные нагрузки в Ленинградской области выделяют как преобладающий фактор. В отношении рубок рассматриваются только отдельные случаи проведения нелегальных рубок или рубок с нарушениями технологий, при этом объемы таких рубок существенно больше, нежели те, которые отражены в официальной статистике Министерства природных ресурсов [20]. Объединение столь разнородных факторов вряд ли является правомерным. Все рубки следует рассматривать как отдельный внешний фактор, причем, по-видимому, как один из самых важных. Суммарная площадь всех типов рубок сопоставима с общей площадью лесов, поврежденных всеми стрессовыми факторами [14]. Рубки главного пользования являются вполне самостоятельным катастрофическим фактором, однако более или менее плановым. Нелегальные рубки и санитарные рубки сегодня заслуживают специального анализа как сильно действующие катастрофические факторы. Практически все выборочные рубки и, в особенности, санитарные выборочные рубки проводятся сегодня с нарушениями и способствуют усыханию лесов. Санитарные рубки являются негативным, стрессовым фактором, так как проводятся с нарушением технологии, без учета сроков развития вредителей. При проведении выборочных санитарных рубок в рубку нередко отбираются здоровые деревья, в процессе рубки деревьям наносятся механические повреждения, которые становятся воротами инфекции. Это приводит к изменению структуры кормовой базы вредителей и формированию устойчивых очагов вредителей и болезней [11, 13]. В целом данные по площади основного объема рубок вполне корректны, за исключением нелегальных рубок, по которым имеются расхождения официальной статистики и данных независимых организаций, полученных по результатам съемки из космоса.

Количественная оценка уровня загрязнения не представляет особых сложностей и вполне может быть рассчитана для разных источников загрязнения. Воздействие промышленных выбросов в статистике ФАЛХ рассматривается отдельно. По данным МПР и ФАЛХ, на Северо-западе этот фактор несуществен [19, 21]. Это еще один из факторов, для которого данные официальной статистики являются весьма условными. На Северо-западе России расположены крупнейшие источники промышленного загрязнения – комбинат «Североникель», а также комбинат «Печенга-никель», Кандалакшский и Волховский

алюминиевые заводы, целый ряд целлюлозно-бумажных комбинатов, цементные заводы, Череповецкий металлургический комбинат, несколько АЭС и множество других объектов. Ежегодное усыхание древостоев должно исчисляться, по крайней мере, сотнями гектар.

В Ленинградской области интенсивность и площадь промышленного загрязнения невелика. Значительно большую негативную роль играют рекреационные нагрузки. Семь миллионов жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, активно посещая пригородные леса, создают мощную антропогенную нагрузку, приводящую, в первую очередь, к уплотнению почвы. Методики расчета рекреационной нагрузки по параметрам «посещаемость» и «дорожно-тропиночная сеть» хорошо известны.

Повреждения дикими копытными животными и мышевидными грызунами значимы для лесных культур и молодняков естественного происхождения, поэтому для древостоев старших классов возраста этот фактор учитывать не имеет смысла.

В итоге можно сказать, что значительную часть данных лесопатологического мониторинга ФАЛХ можно использовать для количественной оценки доминантных катастрофических воздействий на лесные экосистемы, но для некоторых из них требуется обобщение, анализ и верификация имеющейся ин-

формации, а в некоторых случаях проведение целевых исследований (табл. 3).

После дополнительного анализа и верификации данные ЛПМ ФАЛХ могут являться важнейшим инструментом лесохозяйственной деятельности, позволяющим подойти к эффективному планированию лесозащитных мероприятий и лесопользования.

Поиск зоны стабильности при изменяющейся интенсивности катастрофического фактора осложняется тем, что спектр устойчивости древостоя меняется в зависимости от структуры древостоя, типа леса, географического положения и некоторых других факторов, например, экспозиции склона. В связи с этим для получения работающей модели необходимо выделить генеральные типы леса, которые целесообразно рассматривать в пределах одной географической зоны. По-видимому, в этом случае целесообразно ориентироваться на лесорастительные зоны (Приказ Рослесхоза от 09.03.2011 № 61 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации», <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs>).

Если для конкретного фактора или их комбинации удастся сопоставить интенсивность воздействия и ответную реакцию лесных экосистем, то, если знать площадь воздействия и категорию древостоя для определенной лесорастительной зоны, окажется возможным получить граничные (маргинальные) значения для катастрофических факторов, при кото-

Табл. 3

Характеристика возможности использования данных лесопатологического мониторинга ФАЛХ для количественной оценки интенсивности воздействия доминантных катастрофических воздействий на древостой (лесную экосистему)

Фактор	Характеристика наличия и репрезентативности данных	Характер количественной оценки	Возможность получения репрезентативной количественной оценки
Параметры (внутренние факторы)			
Изменение уровня грунтовых вод	Данные отсутствуют	Отклонение от средних значений	Возможно при проведении целевых наблюдений
Погодные условия (температура, осадки, ветер)	Репрезентативны	Любые абсолютные и относительные значения	Возможно
Размножение вредителей	Репрезентативны для хорошо известных видов и крупных вспышек массового размножения	Площадь очага, интенсивность повреждений	Возможно получение в случае повышения квалификации и ответственности работников
Распространение болезней	Репрезентативные отсутствуют	Площадь очага, интенсивность повреждений	Требуется специальных исследований
Рубки главного пользования, сплошные	Репрезентативны	Площадь рубки	Возможно
Выборочные рубки всех типов и нелегальные рубки	Данные разрозненны, уровень репрезентативности не ясен	Площадь, для выборочных – интенсивность и повторяемость	Требуется специальных исследований
Пожары	Репрезентативность зависит от региона	Площадь и количество возгораний по типам пожаров	Требуется верификации для ряда регионов
Рекреационные нагрузки	Репрезентативные отсутствуют	Плотность дорожно-тропиночной сети, посещаемость	Требуется специальных исследований
Промышленное загрязнение	Репрезентативные отсутствуют	Концентрация загрязняющих веществ на разном удалении от предприятий	Требуется специальных исследований

рых произойдет фазовый переход, и древостой перейдет в категорию необратимо ослабленного. Это, по-видимому, по методике ФАЛХ (методический документ по обеспечению санитарной безопасности в лесах, утвержденный Приказом ФАЛХ от 9.06.2015 № 182) будет соответствовать сильно ослабленному древостою со средним индексом состояния больше или равном 3,5.

В заключение можно сказать, что создание моделей, позволяющих оценить интенсивность и критический уровень воздействия катастрофических факторов на основе данных ЛПИМ, вполне возможно, но требует проведения дополнительных исследований, включая обобщение, анализ и верификацию имеющихся данных, а также для некоторых факторов (табл. 3) проведения полевых исследований.

Для решения этой задачи необходимо выполнить в одном или двух модельных регионах, где имеется хо-

рошая информационная база и квалифицированный штат работников, например, в Ленинградской области, Республике Татарстан или Красноярском крае, следующие действия:

- на основе имеющейся информации создать базу данных об уровне воздействия стрессовых факторов и ответных реакциях лесных экосистем, используя данные ЛПО, материалы публикаций и научных отчетов, акты ЛПО, консультации со специалистами;
- создать сеть пробных площадей для количественной оценки воздействия параметров экосистемы, для которых нет количественных данных, и провести соответствующие наблюдения;
- провести тестовый расчет маргинальных значений стрессовых факторов;
- предложить систему лесохозяйственных мероприятий в случае прогнозируемого или возникающего катастрофического события и оценить ее эффективность.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Арнольд ВИ. Теория катастроф. М.: Наука; 1990.
2. Ахматович НА, Селиховкин АВ, Магдеев НГ. Управление рисками в республике Татарстан: вредители и болезни основных лесообразующих пород. Лесной журнал. 2015;(1):21-34.
3. Бигон М, Харпер Дж, Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 2. М.: Мир; 1989.
4. Большая советская энциклопедия. Т. 27. М.; 1977.
5. Исаев АС, Пальникова ЕН, Суховольский ВГ, Тарасова ОГ. Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2015.
6. Математическая энциклопедия. Т. 5. М.; 1985.
7. Обзор санитарного состояния лесов России за 1993 год. М.: Росагросервис; 1994.
8. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов России за 2001 год. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Пушкино: ВНИИЛМ; 2002.
9. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов России за 2002 год. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. 2003 г. Пушкино: ВНИИЛМ; 2003.
10. Одум Ю. Экология. Т. 1. М.: Мир, 1986.
11. Селиховкин АВ. Количественная оценка степени воздействия насекомых-дендрофагов на состояние древостоев. Лесное хозяйство. 1993(1):47-9.
12. Селиховкин АВ. Лесоэнтомологический мониторинг на Северо-Западе России. В кн.: XII Съезд русского энтомологического общества. 19-23 августа 2002, Санкт-Петербург. Те-

зисы докладов. СПб.: Русское энтомологическое общество, 2002. с. 313.

13. Селиховкин АВ. Количественная оценка воздействия насекомых-дендрофагов на состояние древостоев. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009;(187):285-96.

14. Селиховкин АВ. Могут ли вспышки массового размножения насекомых-дендрофагов оказать существенное влияние на состояние биосферы? Биосфера. 2009;1(1):72-81.

15. Селиховкин АВ, Смирнов АП. Лесные пожары, вредители и болезни леса: проблемы и решения. Биосфера. 2015;7(3):315-20.

16. Селиховкин АВ, Глебов РН, Магдев НГ, Ахматович НА, Поповичев БГ. Оценка роли насекомых и дендропатогенных организмов в усыхании древостоев Ленинградской области и республики Татарстан. Лесоведение. 2016;(2):83-95.

17. Слепян ЭИ. Экологическая безопасность в условиях города (с учетом сведений о Санкт-Петербурге) – составляющие и обеспечение. В кн. Безопасность большого города. СПб.: Изд-во Сергея Ходова; 2007. с. 64-399.

Общий список литературы/Reference List

1. Arnold VI. Teoriya Katastrof. Moscow: Nauka; 1990. (In Russ.)
2. Akhmatovich NA, Selikhovkin AV, Magdeyev NG. [Risk management in the Republic of Tatarstan: Pests and diseases of the main forest-forming plants]. Lesnoy Zhurnal. 2015 (1):21-34. (In Russ., English summary)
3. Begon M, Harper JL, Townsend CR. Ekologiya: Osobi, Populitsii i Soobshchestva [Ecology: Individuals, Populations and Communities]. Tom. 2. Moscow: Mir, 1989. (In Russ.)

