

УДК 58.02: 630\*182.21

DOI: 10.31040/2222-8349-2024-0-4-56-61

**МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЕЛЬНИКОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ  
ПОСЛЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ «КАТАСТРОФ»**

© Н.Г. Уланова, А.А. Каплевский

Рассмотрены основные тенденции изменения видового богатства фитоценозов после катастрофических природных (ветровалы, пожары, массовые поражения насекомыми) и антропогенных (сплошная вырубка) нарушений. Основным определяющим фактором увеличения видового богатства является интенсивность нарушения экосистемы после катастроф. Наибольшие нарушения происходят при сплошной вырубке леса, когда всю древесину вывозят с вырубки тракторами. Пожары также могут полностью уничтожить древостой и все компоненты фитоценоза. При массовом ветровале гибнут деревья верхнего яруса, все остальные компоненты фитоценоза повреждаются незначительно. Вспышки численности короеда-типографа ведут к засыханию только елей верхнего яруса, весь фитоценоз не меняется. Степень уничтожения древостоя, подроста, подлеска, травяно-кустарничкового яруса, мохового покрова, подстилки и почвы при гибели ельников в результате «катастроф» определяет скорость восстановления растительности на нарушенных территориях.

На примере ельника зеленчукового в зоне хвойно-широколиственных лесов Московской области выявлены принципиальные отличия в динамике общего числа видов растений в результате сплошной санитарной вырубки сухостоя ели после гибели от короеда-типографа и фитоценоза с сохраненным сухостоем ели. Мониторинговые наблюдения в течение 10 лет на постоянных пробных площадях выявили главную особенность фитоценоза после сплошной вырубки. Первые шесть лет сукцессия прошла через травяную и кустарниковую стадии с резким увеличением видового и структурного разнообразия фитоценозов. Только в лесной стадии восстановился видовой состав, характерный для исходного леса. В сухостойном же фитоценозе сохранился лесной фитоценоз и отличий от динамики видового богатства исходного ненарушенного леса не выявлено. Изменилось лишь доминирование видов в древостое и травяно-кустарничковом ярусе. Если человек не будет расчищать сухостойные и ветровальные участки ельников, то в результате образуются смешанные леса с повышенной устойчивостью к вредителям и болезням леса. На смену монокультурам ельников приходят сложные по структуре леса, повышая разнообразие лесов.

Ключевые слова: видовое разнообразие, ельники, ветровалы, вырубка леса, очаги усыхания ели, динамика растительности, сукцессии.

Сохранение биоразнообразия лесов – одна из основных тем в биологии и экологии XX–XXI вв. и главная задача сохранения живой природы. Мы привыкли считать, что антропогенные (сплошные рубки, лесные пожары на больших площадях, промышленное загрязнение) и природные (массовые поражения насекомыми, ветровалы) нарушения приводят к уменьшению биоразнообразия. Такие «катастрофы» приводят к сокращению разнообразия биотопов, фитоценозов, исчезновению видов и сокращению их внутривидового генетического разнообразия. Такое мнение сформировалось при исследованиях пространственно-временных рядов наблюдений в природе.

На самом деле выявление реалий природных явлений возможно лишь при длительных мониторинговых наблюдениях на постоянных пробных площадях в ряду фитоценозов по градиенту рельефа после воздействия «катастроф».

На территории европейской части России гибель ельников чаще всего происходит в результате естественного распада древостоя ели на заключительной стадии развития одновозрастных еловых фитоценозов. Вариантов гибели может быть несколько: массовый ветровал, пожар или вспышка численности короеда-типографа (*Ips typographus* L.).

Рассмотрим основные факторы гибели ельников в XXI в. Изменение климата с увели-

УЛАНОВА Нина Георгиевна – д.б.н., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: NUlanova@mail.ru

КАПЛЕВСКИЙ Андрей Андреевич, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: dron\_of\_geobot@list.ru

чением числа засушливых жарких периодов весной и летом приводят к снижению устойчивости ельников из-за ухудшения физиологического состояния елей, растущих вне оптимальных условий увлажнения на суглинистых почвах. Такие ослабленные ели часто гибнут при массовых ветровалах, которые типичны для европейской таежной зоны [1]. На свежих ветровалах возникает доступная живая древесина (корм), пригодная для интенсивного размножения фоновых ксилофагов: короеда-типографа и других стволовых вредителей ели. В результате их локальные очаги размножения превращаются в пандемические [2, 3]. Такие волны массовой гибели ели от короеда-типографа прошли по европейской части России в 1999–2006 и 2010–2014 гг.

Рассмотрим динамику видового богатства (альфа-разнообразия) растений в ельниках южной тайги и хвойно-широколиственных лесов европейской части России после «катастрофических» нарушений.

*Интенсивность нарушения лесной растительности* в процессе природных и антропогенных «катастроф» является важнейшим фактором, определяющим весь процесс восстановления фитоценозов. Масштабы гибели ельников и экосистемных нарушений при катастрофических природных явлениях принципиально отличаются [4, 5]. При пожарах погибает частично древостой, подрост деревьев и напочвенный покров. Интенсивность огня определяет степень сгорания подстилки и верхних почвенных горизонтов. Массовые ветровалы приводят к полной гибели деревьев первого и избирательной второго яруса древостоя. При этом площади и степень гибели ельников может значительно различаться. Травяно-кустарничковый ярус (ТКЯ) полностью гибнет и оголяются нижние горизонты почвы только в западинах ветровально-почвенных комплексов [6, 7]. Поэтому такие нарушения мозаично разбросаны по всей территории ветровальника. Подпологовые деревья, подрост деревьев и ТКЯ в значительной степени сохраняются. Видовой состав ТКЯ изменяется незначительно, но при этом проективное покрытие видов меняется [4, 8]. В очагах усыхания ели при вспышках численности короеда-типографа гибнут только самые крупные ели верхнего яруса, при этом деревья второго яруса, подрост, ТКЯ и почва вообще не страдают. В результате на участках сухостойных ельников происходят минимальные нару-

шения фитоценозов. При вырубке ельников происходит полная трансформация всей лесной экосистемы в травяную. Изменяются все компоненты биогеоценоза, исчезают все деревья и их подрост, кустарники, частично ТКЯ, моховой и почвенный покровы [6, 9, 10]. Степень нарушения экосистемы при гибели ельников в результате пожаров, ветровалов, в очагах усыхания ели и на сплошных вырубках определяет скорость восстановления растительности на нарушенных территориях.

*Увеличение видового богатства растительности* после «катастрофических» нарушений зависит от интенсивности трансформации исходных фитоценозов. Это подтвердил проведенный мета-анализ результатов 238 исследований биоразнообразия в различных лесах мира [12]. Удалось доказать, что действительно происходит увеличение видового богатства сосудистых растений после катастрофических ветровалов, гибели древостоя после вспышек численности короедов и вырубок.

Рассмотрим пример изменения растительности в очагах усыхания ели в результате вспышки численности короеда-типографа в 2012 г. в западной части Московской области (Звенигородская биостанция МГУ). Нами в 2013 г. заложены рядом три постоянные пробные площади (ППП) одинакового размера (800 м<sup>2</sup>) в ельнике зеленчуковом: с погибшим в 2012 г. древостоем ели (короедник), на сплошной санитарной вырубке сухостоя ели (вырубка) зимой 2012–2013 гг. и с неповрежденным древостоем ели (контроль). Каждая ППП разбита на 8 площадок размером 10×10 м<sup>2</sup>. Исследования проведены ежегодно в период с 2014 по 2023 год по единой методике. Для каждой площадки выявили полный видовой состав растений с указанием проективного покрытия каждого вида.

Мониторинг растительности в течение 10 лет выявил главную особенность в динамике видового богатства после сплошной санитарной рубки (рис. 1). За первые 3 года (2014–2016 гг.) общее число видов увеличилось в 2.5 раза по сравнению с исходным лесом. После полного уничтожения древостоя, подрост, подлеска при значительных нарушениях ТКЯ и почвы в результате трележки стволов трактором, расчистки и сжигания порубочных остатков образовалось травяное сообщество. Можно говорить о классическом варианте вторичной сукцессии после вырубки леса [6, 7]. Первая стадия травяная, с господством *Stellaria nemorum*, *Aegopodium*

*podagraria* длилась первые три года. Далее три года шла кустарниковая стадия, вырубка заросла *Rubus idaeus*, *Corylus avellana*, подростом *Betula pendula*, *Acer platanoides* при доминировании *Aegopodium podagraria* в ТКЯ. Последняя лесная стадия началась на 7-й год, когда разновидовой подрост деревьев сомкнулся кронами. В результате затенения и высокой конкуренции за элементы минерального питания с деревьями резко сократился видовой состав ТКЯ. Доминирование переходит от *Aegopodium podagraria* к *Galeobdolon luteum*.

Сохранение сухостоя ели после гибели от короеда типографа не создало условий для изменения видового состава ТКЯ. Увеличение освещенности короедника привело к разрастанию *Corylus avellana*, быстрому росту деревьев второго яруса *Acer platanoides*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*. Появилось 2–5 новых видов в ТКЯ, кроме доминирующего вида *Galeobdolon luteum* стали содоминантами *Aegopodium podagraria* и *Pulmonaria obscura*. Но к 2017 г., когда весь сухостой ели уже был на земле и фитоценоз стал кленово-лещиновым, в доминирующих видах остались только *Galeobdolon luteum* и *Stellaria holostea*. Если сухостой ели оставлять, то изменяется только породный состав древостоя, все остальные компоненты фитоценоза изменяются незначительно и никакой вторичной сукцессии не происходит.

В результате происходит увеличение биоразнообразия в новых сообществах, в очагах сухостоя ели незначительно выше при массовых ветровалах. При полном уничтожении дре-

востоя ели в ходе сплошной санитарной рубки выявлено кардинальное изменение растительности и почвенного покрова, в результате лесные сообщества преобразуются в травяные и кустарниковые, что ведет к принципиальному изменению растительного покрова ельников. В новых травяных сообществах биоразнообразие резко увеличивается за счет нелесных видов

Структурное разнообразие видового богатства фитоценозов вырубки и короедника рассмотрим на примере спектра ценотических групп видов ТКЯ и мохового покрова. Метод реализован нами с использованием таблиц видов с привязкой их к ценотическим группам [13].

Ценотический спектр исходного ельника (контроль) мало отличается от фитоценоза короедника на 4 год после гибели ели (рис. 2). Общее число видов в ельнике 30, в короеднике 29. После проведения сплошной санитарной рубки новый фитоценоз принципиально отличается от исходного, на травяной стадии сукцессии число видов ТКЯ увеличилось с 30 до 52 за счет видов совершенно других ценотических групп, не характерных для исходного лесного фитоценоза. На вырубке доля лесных видов незначительно уменьшилась, при этом резко возросла доля сорных видов. Появились виды новых ценотических групп: луговые, сорно-луговые, болотные, лугово-болотные, сорно-болотные и сорно-водные. На их долю приходится 10% всех видов. Новые виды появились из почвенного запаса семян и из семян, занесенных ветром [9]. Фитоценоз этой травяной стадии сукцессии можно отнести к лесолуговому типу.

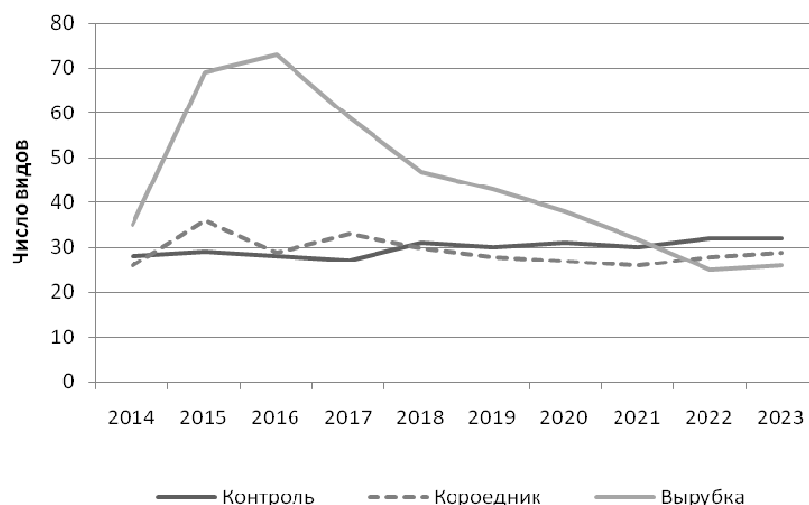


Рис. 1. Изменение общего числа видов растений на постоянных пробных площадях в ельнике зеленчуковом (Звенигородская биостанция, Московская область) с 2014 по 2023 год после вспышки численности короеда-типографа в 2012 г. при сохранении сухостоя ели (короедник), после сплошной санитарной рубки древостоя (вырубка), в сравнении с исходным неповрежденным лесом (контроль)

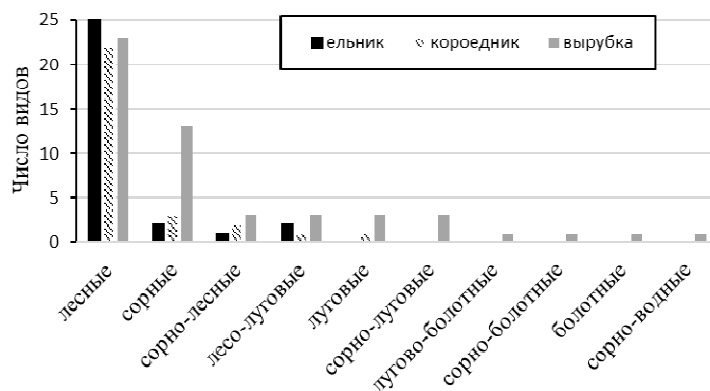


Рис. 2. Спектры ценозических групп видов травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова на постоянных пробных площадях в 2016 г. в ельнике зеленчуковом (Звенигородская биостанция, Московская область) после вспышки численности короеда-типографа в 2012 г. при сохранении короедных деревьев (короедник), после сплошной санитарной вырубке древостоя (вырубка), в сравнении с исходным неповрежденным ельником (контроль)

Технология лесоводства в современной России предлагает разработку участков погибшего древостоя ели в случае вспышек короеда-типографа, массовых ветровалов и пожаров. По нормативам – это проведение сплошных санитарных рубок, то есть вырубки не только погибших елей, но и всех других деревьев. Такие санитарные вырубки ничем не отличаются от сплошных вырубок. В результате происходит формирование травяных и кустарничковых фитоценозов с дальнейшим развитием лиственных лесов из березы или осины, реже ельников и сосняков [5]. Такие классические вторичные сукцессии происходят повсеместно на огромных территориях таежных и хвойно-широколиственных лесов. Фиторазнообразие на травяной стадии сукцессии резко возрастает и постепенно снижается во вторичных лесах. С точки зрения биолога этот процесс нельзя считать негативным для природы. Экологи повсеместно ратуют за сохранения и повышение разнообразия видов. С этой точки зрения образование травяной, близкой к луговой растительности на вырубках безусловно можно считать отличным вариантом сохранения биоразнообразия в лесной зоне. Именно сейчас особое внимание уделяют важности первых сукцессионных стадий (лугов) после вырубки леса для увеличения биоразнообразия лесов [14–16].

Природные «катастрофы» происходят в лесах постоянно. В европейской части России это массовые ветровалы и гибель ельников при вспышках численности короеда-типографа. В природе существуют механизмы быстрого восстановления лесов после таких «катаст-

роф». Естественный ход лесовосстановления обладает механизмами сохранения лесных фитоценозов, изменяя лишь соотношение доминирующих пород в древостое. Если не трогать сухостойные и ветровальные участки ельников, то в результате образуются смешанные леса с повышенной устойчивостью к вредителям и болезням леса. На смену монокультур ельников приходят сложные по структуре леса, повышая разнообразия лесов.

Только многолетние мониторинговые наблюдения позволяют дать прогноз и оценить риски использования разных технологий лесовосстановления после катастрофических нарушений леса.

*Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).*

#### Литература

1. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения / Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Калинин Н.А., Пьянков С.В. Пермь, 2023. 284 с.
2. Маслов А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ, 2010. 138 с.
3. Bark Beetle Management, Ecology, and Climate Change / Ed. by K.J.K. Gandhi, R.W. Hofstetter // Elsevier, Academic Press. 2021. 415 p.

4. Waldron K., Ruel J., Gauthier S., De Grandpré L., Peterson J. Effects of post-windthrow salvage logging on microsites, plant composition and regeneration // *Appl. Veg. Sci.* 2014. Vol. 17. № 2. P. 323–337.
5. Уланова Н.Г. Основные тренды динамика биоразнообразия после природных и антропогенных «катастроф» в ельниках европейской части России // *Вестн. Тверского гос. ун-та. Сер. биология и экология.* 2018. № 3. С. 317–335.
6. Ulanova N.G. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review // *Forest Ecology and Management.* 2000. Vol. 135. № 1–3. P. 155–167.
7. Зарипова В.М. Фенология сортов малины в условиях Лесостепной зоны Башкортостана // *Известия Уфимского научного центра РАН.* 2023. № 3. С. 38–41.
8. Уланова Н.Г. Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России). Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006. 46 с.
9. Уланова Н.Г., Чердниченко О.В. Механизмы сукцессий растительности сплошных ветровалов южнотаежных ельников // *Известия Самарского НЦ РАН.* 2012. Т. 14. № 1(5). С. 1399–1402.
10. Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // *Почвоведение.* 2017. № 7. С. 787–798.
11. Широких П.С. Вторичные автогенные сукцессии на вырубках и залежах Южно-Уральского региона как основа прогноза естественного восстановления и организации мониторинга лесных экосистем. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. ФГБУН «Орден Трудового Красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН». 2023. 45 с.
12. Thorn S., Bässler C., Brandl R., et al. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis // *J. Appl. Ecol.* 2018. Vol. 55. P. 279–289.
13. Уланова Н.Г., Жмылев П.Ю., Елумеева Т.Г., Федосов В.Э. Методы анализа флористического состава и функционального разнообразия растительных сообществ. М.: МАКС Пресс, 2023. 137 с.
14. Blair D.P., McBurney L.M., Blanchard W. et al. Disturbance gradient shows logging affects plant functional groups more than fire // *Ecol. Applications.* 2016. Vol. 26. P. 2280–2301.
15. Fornwalt P.J., Rhoades Ch.C., Hubbard R.M., Harris R.L., Faist A.M., Bowman W.D. Short-term understory plant community responses to salvage logging in beetle-affected lodgepole pine forests // *Forest Ecology and Management.* 2018. Vol. 409. P. 84–93.
16. Swanson M.E., Franklin J.F., Beschta R.L., et al. The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites // *Front. Ecol. Environ.* 2011. Vol. 9. № 2. P. 117–125.
2. Maslov A.D. Koroed-tipograf i usyhanie elovyh lesov. Moscow: VNIILM, 2010, 138 p.
3. Bark Beetle Management, Ecology, and Climate Change / Ed. by K.J.K. Gandhi, R.W. Hofstetter / Elsevier, Academic Press. 2021. 415 p.
4. Waldron K., Ruel J., Gauthier S., De Grandpré L., Peterson J. Effects of post-windthrow salvage logging on microsites, plant composition and regeneration // *Appl. Veg. Sci.*, 2014, vol. 17, no. 2, pp. 323–337.
5. Ulanova N.G. Osnovnye trendy dinamika bioraznoobrazija posle prirodnyh i antropogennyh «katastrof» v el'nikah evropejskoj chasti Rossii // *Vestn. Tverskogo gos. un-ta. Ser. biologija i jekologija*, 2018, no. 3, pp. 317–335.
6. Ulanova N.G. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review // *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 135. no. 1–3, pp. 155–167.
7. Zaripova V.M. Fenologiya sortov maliny v usloviyakh Lesostepnoy zony Bashkortostana // *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2023. no. 3, pp. 38–41.
8. Ulanova N.G. Vosstanovitel'naja dinamika rastitel'nosti sploshnyh vyrubok i massovyh vetrovalov v el'nikah juzhnoj tajgi (na primere evropejskoj chasti Rossii). Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Moscow, 2006. 46 p.
9. Ulanova N.G., Cherednichenko O.V. Mehanizmy suksessij rastitel'nosti sploshnyh vetrovalov juzhnotaezhnyh el'nikov // *Izvestiya Samarskogo NC RAN*, 2012, vol. 14, no. 1(5), pp. 1399–1402.
10. Dymov A.A. Vlijanie sploshnyh rubok v boreal'nyh lesah Rossii na pochvy (obzor) // *Pochvovedenie*, 2017, no. 7, pp. 787–798.
11. Shirokih P.S. Vtorichnye avtogenne suksessii na vyrubkah i zalezah Juzhno-Ural'skogo regiona kak osnova prognoza estestvennogo vosstanovleniya i organizacii monitoringa lesnyh jekosistem. Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. FGBUN «Ordena Trudovogo Krasnogo znamenija Nikitskij botanicheskij sad – Nacional'nyj nauchnyj centr RAN», 2023, 45 p.
12. Thorn S., Bässler C., Brandl R., et al. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis // *J. Appl. Ecol.*, 2018, vol. 55, pp. 279–289.
13. Ulanova N.G., Zhmyljov P.Ju., Elumeeva T.G., Fedosov V.Je. Metody analiza floristicheskogo sostava i funkcional'nogo raznoobrazija rastitel'nyh soobshhestv. Uchebnoe posobie. Moscow: MAKS Press, 2023, 137 p.
14. Blair D.P., McBurney L.M., Blanchard W. et al. Disturbance gradient shows logging affects plant functional groups more than fire // *Ecol. Applications*, 2016, vol. 26, pp. 2280–2301.
15. Fornwalt P.J., Rhoades Ch.C., Hubbard R.M., Harris R.L., Faist A.M., Bowman W.D. Short-term understory plant community responses to salvage logging in beetle-affected lodgepole pine forests // *Forest Ecology and Management*, 2018, vol. 409, pp. 84–93.
16. Swanson M.E., Franklin J.F., Beschta R.L., et al. The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites // *Front. Ecol. Environ.*, 2011, vol. 9, no. 2, pp. 117–125.

## References

1. Vetrovaly v lesnoj zone Rossii i uslovija ih vozniknovenija / Shihov A.N., Chernokul'skij A.V., Kalinin N.A., P'jankov S.V. Perm', 2023, 284 p.



**BIODIVERSITY MONITORING AFTER NATURAL  
AND ANTHROPOGENIC «CATASTROPHES»  
IN SPRUCE FORESTS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

© N.G. Ulanova, A.A. Kaplevsky

Moscow State University,  
1, ulitsa Leninskie Gory, 119234, Moscow, Russian Federation

We analyzed the main trends of the change in the species richness of plant communities after catastrophic natural (catastrophic windthrow, fires, large bark beetle outbreaks) and anthropogenic (clear felling) disturbances. The main factor determining the increase in species richness was the intensity of ecosystem disturbance after catastrophes. The greatest disturbance was caused by clear-cut logging, when all timber was removed from the felling area by tractors. Fires also could totally destroy stands and all components of the forest ecosystem. Large-scale wind damage affected only the trees of the upper layer, while all other components of the plant communities were slightly damaged. The bark beetle outbreaks cause the death only of upper layer spruce trees, while the whole forest ecosystem remains unchanged. The degree of disturbance of stands, undergrowth, herb-dwarf scrubs layer, moss cover, litter and soil during the dieback of spruce forests as a result of 'catastrophes' determines the degree of vegetation recovery in disturbed areas.

We studied the spruce forest in the zone of coniferous-broadleaved forests of the Moscow region, affected by an outbreak of typograph bark beetle. Dynamics of understory plant species richness was fundamentally different after stand salvage logging following beetle outbreaks and in unlogged stands with preserved deadwood. Monitoring observations of plant communities during 10 years on permanent sample plots revealed the main feature of the plant species succession after clear felling. For the first six years succession passed through the herb and the shrub stages with a sharp increase in species and structural diversity of plant communities. Only in the forest stage the species composition characteristic of the forest was restored. In the deadwood stand the forest communities was preserved and no differences in the dynamics of species richness of the original undisturbed forest were detected. Only dominance of species in the stand and herb-shrub layer changed. If man don't clear cut dead and wind-damaged areas of spruce forests, it will result in development of mixed forests with increased resistance to pests and forest diseases. Monocultures of spruce forests may be replaced by mixed forests, increasing the diversity of forests.

Keywords: species richness, spruce forests, windthrow, salvage logging, bark beetle outbreaks, vegetation dynamics, succession.