**Глобальное изменение климата и проблемы лесной экологии**

С. А. Мочалов

Одной из главных причин тревожного обострения экологической обстановки на планете на рубеже III тысячелетия стали существенные изменения климата во многих регионах. Происходящее глобальное потепление неоднородно во времени и в пространстве. Как показывает модель глобальной циркуляции атмосферы, потепление через ближайшие 30-50 лет в наибольшей степени проявится в северном полушарии [Maxwell, 1992]. Установлено, что в Европейской части России во вторую половину ХХ века оно имело место в основном в холодную половину года, а в теплое полугодие изменения были незначительны [Груза, Ранькова, 2001]. То же характерно для Урала и Сибири, где за последние 100 лет среднегодовая температура повысилась почти на 2° [Мочалов, Лессиг, 1998: 333-342; Laessig, Motschalow, 1997: 65].

Россия - ведущая лесная держава мира, ее леса занимают площадь, составляющую 1/4 лесного покрова планеты. Функции лесов полезны и многообразны, и их нарушение негативно отразится на состоянии окружающей среды. Дальнейший рост температур приведет к большим экологическим изменениям в лесу.

Более теплый климат вызовет удлинение периода вегетации у древесных растений, что будет способствовать увеличению их продуктивности и накоплению биомассы. Потепление обусловит перемещение большинства зон растительности. Согласно имеющимся прогнозам, граница бореальных лесов Евразии продвинется на 500-1 000 км на север. Конечно, лесные экосистемы имеют большие диапазоны толерантности, и их отклик на изменения климата не будет мгновенным. Запаздывание ответных реакций может составлять от десятков до сотен лет [Ваганов, 1996: 281-283]. Однако в горных районах Южного Урала (национальный парк "Таганай") на основе детальных дендрохронологических данных уже выявлен явный сдвиг верхней границы леса [Шиятов, Мазепа, Моисеев, Братухина, 2001: 16-31], причем особенно активно идет распространение ели: с начала 60-х годов на 60-80 м вверх или на 500-600 м по склону. Здесь же наблюдается резкое сокращение тундровых участков, и через 50 лет тундровые экосистемы в национальном парке могут полностью исчезнуть.

Палеоклиматические исследования на основе анализа пыльцы позволяют реконструировать видовой состав и распространение сибирских лесов и проследить их изменения в последние тысячелетия [Tchebakova, Monserud, Denissenko, 1997: 33]. 4 600-6 000 лет назад в северной части Сибири в среднем за год было на 2-5° теплее, чем сегодня. При этом и осадков выпадало на 100-200 мм больше, т. е. на 20-30 % больше, чем сегодня. Вследствие более высоких температур и большего количества осадков верхняя граница леса тогда проходила севернее, чем сегодня. Если повышение температуры, наблюдаемое в последние 100 лет, продолжится в таком же объеме или даже ускорится, то сибирские леса в довольно близком будущем могут снова выглядеть так же, как и более чем 4 600 лет назад, т. е. доминировать в них будет не лиственница, как сегодня, а прежде всего ель, пихта и кедр.

Прогнозируется, что следствием дальнейшего повышения температур в Северном полушарии станет также резкое возрастание частоты и интенсивности лесных пожаров, бурь и ураганов [Фуряев, Голдаммер, 1996: 7-8; Berz, 1994: 1-6; Schraft, Durand, Hausmann, 1993]. Этот мрачный прогноз подтверждают события последнего десятилетия, когда ураганы страшной разрушительной силы (12 баллов по шкале Бофорта) - "Вивиан" в феврале 1990 года и "Лотар" в декабре 1999 года - нанесли колоссальный ущерб лесному хозяйству многих европейских стран. Так, если в результате урагана "Вивиан" в лесах всей Европы было повалено 120 млн м3 древесины, что составило 30 % от размера годичного лесопользования, то ураганом "Лотар" спустя 10 лет только во Франции было вывалено 138 млн м3 , а в Швейцарии - 12,8 млн м3 древесины, что соответственно в 3,0 и 2,8 раза превышает размер годичного лесопользования в этих странах [Broggi, 2000: 14-17; Holenstein, 1994].

Для лесов таежной зоны Урала ветровал является постоянно действующим экзогенным фактором. Считается, что бури широкого масштаба возникают здесь сравнительно редко - один раз в 50-75 лет. Узколокальные буревалы повторяются чаще, а несплошные - практически ежегодно. По данным Туркова [Турков, 1979], крупные ветровалы на Урале были в 1799, 1859, 1879 и 1892 годах.

Однако в ХХ веке масштабы и последствия ветровала в этом регионе все чаще приобретают катастрофический характер. Только за последние 30 лет были полностью разрушены или серьезно повреждены огромные лесные массивы в Пермской и Свердловской областях. Так, в 1975 году на западном макросклоне Урала (север Пермской области) ураганом был повален лес на площади 260 тыс. га с запасом древесины более 22 млн м3. Поврежденные леса имели вытянутую в широтном направлении конфигурацию длиной до 150 км и шириной с севера на юг до 50 км [Рожков, Козак, 1989: 55-69]. В Свердловской области по официальным данным лесной службы ветровальные явления - одна из главных причин гибели лесов. За последние 30 лет от ветровала в той или иной мере пострадали насаждения в 46 лесхозах из 51, т. е. практически на всей территории области [Мочалов, Лессиг, 1998: 333-342]. Особенно сильный ущерб лесам области был нанесен в июне 1995 года, когда в результате воздействия ураганного ветра в сочетании с мокрым снегом ветровал охватил площадь более 350 тыс. га [Смолоногов, 2000].

Если оценивать ветровал только с точки зрения ущерба, причиняемого лесному хозяйству, то он, безусловно, является стихийным бедствием, ликвидация последствий которого связана с очень большими затратами, особенно при выращивании искусственных насаждений. При этом, как правило, на ветровальных площадях из монокультуры хвойных пород формируются гомогенные насаждения, не являющиеся ветроустойчивыми [Стойко, 1965: 12-15]. Между тем последствия ветровалов не сводятся только к потере товарной древесины, а имеют комплексный и долговременный характер. Это означает, что массовый ветровал обусловливает нарушения всей лесной экосистемы (почвенного покрова, древостоя, всех ярусов растительности, фауны и т. д.), а для их устранения требуются десятилетия. Поэтому ветровал можно и нужно рассматривать как явление биогеоценотическое [Скворцова, Уланова, Басевич, 1983].

С этой точки зрения было бы, на наш взгляд, полезно более внимательно присмотреться к процессам, происходящим без вмешательства человека в девственных (первобытных, климаксовых) лесах. Структура таких лесов, где ветер наряду с огнем является одной из главных движущих сил динамического развития, столетиями остается очень разнообразной и стабильной. Ветровал здесь играет позитивную роль омолаживающего фактора. Как отмечал В. Г. Турков "…с биогеоценотической точки зрения массовое отмирание перестойных деревьев в первобытном лесу - явление естественное, закономерное и положительное… Во многих районах, в том числе и на Среднем Урале, ветровал завершает жизненный цикл старшего поколения древостоя, создавая субстрат и освобождая территорию для новых поколений леса" [Турков, 1979].

В девственных и долгое время естественно развивающихся лесах Северной, Восточной и Юго-Восточной Европы имеется много погибших, медленно разлагающихся стволов деревьев. Большая их часть была повалена ветром, и в зависимости от того, как сильно разложилась древесина, можно оценить, как давно был ураган. В условиях северного климата может пройти до 100 лет, прежде чем разрушится поваленная древесина ели. В буковых лесах Восточной и Юго-Восточной Европы, напротив, в большинстве случаев имеется меньше мертвой древесины, с одной стороны, потому, что более теплый климат ускоряет разрушение древесины, с другой, потому, что древесина бука и без этого разрушается быстрее, чем у ели [Korpel, 1995].

Мертвая древесина - это жизненное пространство для более чем 4 тыс. отчасти высоко специализированных видов растений и животных. Многие из них совсем не встречаются где-либо еще или так редки, что существует угроза их исчезновения. Различные виды дятлов и сов, а также мхов, лишайников, дереворазрушающих грибов и насекомых живут в этих богатых мертвой древесиной лесах и находят свои жизненные ниши, извлекая выгоду из мелких пространственных различий температуры и влажности в древесине и коре. Благодаря освобождающимся в процессе разрушения древесины питательным веществам, постепенно изменяются и свойства почвы. Таким образом, наличие мертвой древесины - это шанс для сохранения и повышения биоразнообразия в лесу.

В девственных лесах "Fiby" и "Granskar" в центральной части Швеции после нескольких ураганов 1931/32 года поваленные деревья ели, сосны и березы были оставлены в лесу. Ученые университета г. Уппсала зарегистрировали исходную ситуацию после ветровала и на основании результатов последующих исследований сделали вывод, что северные хвойные леса для их естественного обновления нуждаются в повторяющихся нарушениях [Sernander, 1936]. Более поздние исследования на этих же площадях подтвердили эту теорию [Hytteborn, Packham, 1987: 299-311; Leemans, 1991: 157-165].

Для ветровальных площадей в естественно развивающихся лесах с большим количеством мертвой (вываленной и ветроломной) древесины характерно большое многообразие мелких по площади местообитаний, где условия освещенности, температура, влажность воздуха и почвы, движение воздуха могут сильно различаться в пределах нескольких дециметров. Такие экотопы заселяются различными видами растений по-разному и с различной густотой [Webb, 1988: 1186-1195]. Как показали исследования, которые проводились после урагана "Vivian" в Германии и Швейцарии, на не очищенных ветровальниках многочисленные виды древесных и травянистых растений заселяли прежде всего лежащую мертвую древесину и участки вблизи нее [Fischer, Abs, Lenz, 1990: 309-326; Stockli, 1995: 8-14]. Разлагающиеся стволы деревьев являются питательным субстратом и предпочитаемым экотопом для естественного возобновления древесных пород. Например, сегодня в девственном лесу "Fiby" на месте почти полностью разложившихся останков деревьев в большом количестве имеется разновозрастный подрост ели. На основе образующегося таким путем дифференцированного по возрасту и высоте спектра деревьев возникает мозаичная структура леса [Falinski, 1976: 85-106; Korpel, 1995].

В результате сильной минерализации почвы после вывала деревьев вначале часто формируются лесные насаждения, состоящие преимущественно из светолюбивых пионерных пород, таких, как береза, тополь, ива и рябина, которые очень быстро реагируют на резкое изменение экологических условий и обладают высокой семенной продуктивностью [Fischer, Abs, Lenz, 1990: 309-326; Lassig, Motschalow, 2000: 37-45]. Такие пионерные леса в силу их однородности в течение нескольких десятилетий могут быть относительно нестабильны. С увеличением доли теневыносливых хвойных пород их состав и структура становятся более сложными и возрастает устойчивость к воздействию ветра. Так, в американском штате Мичиган уже через 18 лет после урагана сильно возросла доля теневыносливых пород, а через 50 лет последние догнали в росте пионерные виды - березу, тополь и вишню [Spurr, 1956: 443-451].

Девственные и естественно развивающиеся бореальные леса России отличаются от полностью и интенсивно хозяйственно освоенных лесов Центральной Европы более разнообразным составом древесных пород и более динамичным лесовозобновлением [Lassig, Motschalow, 2000: 37-45; Syrjanen, Kalliola, Puolasmaa, Mattsson, 1994: 19-34]. Они представляют собой устойчивые самовозобновляющиеся системы, для которых характерны сложная мозаичная структура, асинхронность возрастного развития биогрупп, фитоциклические смены пород, возвращение в почву всех изъятых у нее минеральных веществ и дополнительное внесение биогенных веществ [Турков, 1979]. Для современного лесоводства изучение динамики происходящих в них процессов - это путь к познанию механизмов формирования устойчивых насаждений и повышения биоразнообразия в лесу.

**Список литературы**

1 Ваганов Е. А. Регистрация потепления в текущем столетии клетками годичных колец деревьев // ДАН. 1996. Т. 351.

2 Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Изменение климатических условий европейской части России во второй половине ХХ века // Влияние изменения климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений / Под ред. А. Кокорина, А. Кожаринова, А. Минина. М., 2001.

3 Мочалов С. А., Лессиг Р. Штормовая активность и ветровал на Урале // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1998. Вып. 20.

4 Рожков А. А., Козак В. Т. Устойчивость лесов. М., 1989.

5 Скворцова Е. Б., Уланова Н. Г., Басевич В. Ф. Экологическая роль ветровалов. М., 1983.

6 Смолоногов Е. П. Лесообразовательный процесс и ветровалы // Последствия катастрофического ветровала для лесных экосистем. Екатеринбург, 2000.

7 Стойко С. М. Причины ветровалов и буреломов в Карпатских ельниках и меры борьбы с ними // Лес. хоз-во. 1965. N 9.

8 Турков В. Г. О вывале деревьев ветром в первобытном лесу как биогеоценотическом явлении: На примере горных пихтово-еловых лесов Среднего Урала) // Темнохвойные леса Среднего Урала. Свердловск, 1979. (Тр. Ин-та экологии растений и животных; Вып. 128.)

9 Фуряев В. В., Голдаммер И. Г. Экологические проблемы пожаров в бореальных лесах: опыт и пути международного сотрудничества // Лес. хоз-во. 1996. N 3.

10 Шиятов С. Г., Мазепа В. С., Моисеев П. А., Братухина М. Ю. Изменения климата и их влияние на горные экосистемы национального парка "Таганай" за последние столетия // Влияние изменения климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений / Под ред. А. Кокорина, А. Кожаринова, А. Минина. М., 2001.

11 Berz G. Die Zeichen stehen auf Sturm // Naturwissenschaften. 1994 (81).

12 Broggi M. F. Was geschieht auf Windwurfflachen im Wald? Erkenntnisse aus 10 Jahren Forschung // Natur + Mensch. 2000 (1).

13 Falinski J. B. Windwurfe als Faktor der Differenzierung und der Veranderung des Urwaldbiotopes im Licht der Forschungen auf Dauerflachen // Phytocoenosis. 1976. 5 (2).

14 Fischer A., Abs G., Lenz F. Naturliche Entwicklung von Waldbestanden nach Windwurf - Ansatze einer "Urwalforschung" in der Bundesrepublik // FwCbl. 1990. 109.

15 Holenstein B. Sturmschaden 1990 im Schweizer Wald // Schriftenreihe Umwelt Nr.218: BUWAL Bern, 1994.

16 Hytteborn H., Packham J. R. Decay Rate of Picea abies Logs and the Storm Gap Theorie: A Re-examination of Sernander Plot III, Fiby Urskog, Central Sweden // Arboricultural J. 1987. 11.

17 Korpel S. Die Urwalder der Westkarpaten. Stuttgart; Jena; New York, 1995.

18 Laessig R., Motschalow S. Auswirkungen der Klimaerwaermung in Sibirien // Neue Zuercher Zeitung. 1997. Nr. 287.

19 Lassig R., Motschalow S. A. Waldforschung - Folgen von Windwurfen. Ost-West-Partnerschaft am Beispiel der Auswirkungen von Sturmen auf Walder im Ural. Naturwerte in Ost und West // Publikation zur Tagung "Forum fur Wissen" vom 25. Oktober 2000 an der WSL Birmensdorf.

20 Leemans R. Canopy Gaps and Establishment Patterns of Spruce (Picea abies [ L.] Karst.) in Two Old-growth Coniferous Forests in Central Sweden // Vegetatio. 1991. Nr 93.

21 Maxwell B. Arctic climate: potential for change under global warming // Arctic Ecosystems in Changing Climate. New York, 1992. Nr 11.

22 Schraft A., Durand E., Hausmann P. Sturme uber Europa // Schweizerische Rueckversicherungs-Gesellschaft. 1993.

23 Sernander R. Granskar och Fiby urskog [in Swedish with English abstract] // Acta Phytogeographica Suecia. 1936. Nr 8.

24 Spurr S. H. Natural Restocking of Forests Following the 1938 Hurricane in Central New England // Ecology. 1956. Nr 37 (3).

25 Stockli B. Anleitung zum Moderanbau. Moderholz fur die Naturverjungung im Bergwald // Wald und Holz. 1995. 76, 16.

26 Syrjanen K., Kalliola R., Puolasmaa A., Mattsson J. Landscape structure and forest dynamics in subcontinental Russian European taiga // Ann. Zool. Fennici. 1994 (31).

27 Tchebakova N. M., Monserud R. A., Denissenko O. V. Two applications of the siberian vegetation model to spatial-temporal studies in Siberia // Abstracts of Workshop on spatial-temporal dimentions of high-latitude ecosystem change (the Siberian IGBP Transect). Krasnoyarsk, 1997.

28 Webb S. L. Windstorm Damage and Microsite Colonisation in Two Minnesota Forests // Can. J. For. Res. 1988. Nr 18.