

лесных фитоценозов происходит к 20 годам после уничтожения исходного ельника, а к 30 годам – флористического состава.

3. Восстановительная динамика фитоценозов после катастрофических нарушений. При значительных нарушениях фитоценозов и почвы происходят сукцессии: демутации, вторичные неполночленные и квазипервичные по терминологии Т.А. Работного (1992). Изменения растительности зависят от исходного типа леса. Так, в очагах усыхания елей в Московской области в ельниках черничных, кислично-черничных флуктуации идут через рябиновый лес с подростом ели. В ельниках зеленчуковых и сложных демутация проходит через стадию липняков с кленом и подростом ели. В ельниках сложных с лещиной неполночленная вторичная сукцессия заканчивается лещинником.

Ведение лесного хозяйства в ельниках требует проведения сплошных санитарных рубок погибшего древостоя ели в случае вспышек короэда-типографа, расчистки массовых ветровалов и пожарищ. Массовое назначение сплошных рубок за последние 10 лет привело к увеличению площади сплошных вырубок, на которых произошло образование луговых сообществ. В результате происходят вторичные сукцессии с формированием березняков или осинников, реже ельников и сосняков.

Альтернативный способ ведения лесного хозяйства (сохранение погибшего древостоя и естественное возобновление леса) возможен лишь в лесах, имеющих заповедный статус. Сохранение сухостоя и ветровальных участков ельников приводит к естественному ходу лесовосстановления, сохраняя лесные фитоценозы, изменяя лишь соотношение доминирующих пород в древостое. В результате образуется смешанный древостой с широколиственными породами, который обладает повышенной устойчивостью к вредителям и болезням леса. Сложные по структуре леса замещают монокультуры ельников, что способствует восстановлению разнообразия лесов, характерных для зоны хвойно-широколиственных лесов. Именно такие естественные леса, вероятно, характерны для зоны хвойно-широколиственных лесов.

УДК 630.182.58

БИОСФЕРНАЯ РОЛЬ ЛЕСОВ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ И ХАРАКТЕР ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Ярмишко В.Т., Игнатъева О.В., Ярмишко М.А.

ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,

e-mail: vasilyarmishko@yandex.ru

Бореальные леса на европейском севере России выполняют важнейшие биосферные функции и имеют большое экономическое значение. На протяжении последних сто лет они испытывают все возрастающие нагрузки в результате интенсивного хозяйственного освоения, лесных пожаров и насекомых-вредителей. В последней четверти прошлого столетия стало очевидным, что наибольшая опасность лесам исходит от загрязнителей, выбрасываемых в окружающую среду промышленными предприятиями, энергодобывающими установками и транспортными средствами. Перед современной экологией и фитоценологией были поставлены конкретные задачи детального изучения особенностей реакций лесных биогеоценозов на изменение показателей внешней среды, совершенствования методов изучения их структуры и динамики, а также прогнозирования последствий различных природных и антропогенных нарушений.

С целью изучения влияния антропогенных факторов, преимущественно промышленного атмосферного загрязнения на растительные сообщества, в конце 1970-х гг. в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН была создана Лаборатория экологии растительных сообществ. Основным полигоном для организации и проведения наблюдений и экспериментальных исследований был выбран Лапландский биосферный заповедник, расположенный в центральной части Кольского полуострова (Мурманская область). Основанием для такого выбора послужили следующие причины: 1) к северо-востоку от заповедника расположен самый крупный в Европе комбинат по производству цветных металлов (г. Мончегорск, к-т «Североникель»), газообразные и твердые отходы которого оказывают негативное воздействие на окружающую среду; 2) на территории заповедника расположены крупные массивы ненарушенных лесов, характерных для северной тайги Европейской части России, которые можно было бы использовать в качестве контрольных.

Интенсивные комплексные исследования были начаты в центральной части Кольского п-ова в 1982 г. Основное внимание исследователей было сосредоточено на изучении структуры и динамики, восстанавливающихся и в разной степени подверженных воздействию атмосферного загрязнения северо-таежных лесных сообществ и их компонентов. В процессе этих исследований были заложены серии постоянных пробных площадей (ППП), разработаны и применены разнообразные современные методы (Методы..., 2002), накоплены огромные фактические материалы (Влияние промышленного..., 1990; Ярмишко, 1997; Проблемы экологии..., 2005; Динамика лесных..., 2009 и др.). Важным было оценить реакции лесных экосистем и их компонентов на существенное снижение интенсивности загрязнения окружающей среды в последние 20-25 лет. Не менее важным было также установить: влияют ли антропогенные воздействия на биосферные функции исследуемые лесов в условиях Кольского Севера.

Многолетние исследования на ППП позволили оценить общие закономерности динамики жизненного состояния древостоев *Pinus sylvestris* L. в сосновых лесах Кольского п-ова в пространстве и во времени. Анализ виталитетных спектров господствующей части популяции (древесного яруса) выявляет не только естественные процессы ее формирования, развития и самоподдержания, но и отражает воздействие стрессовых факторов, таких как пожары, рубки, аэротехногенное загрязнение.

В возобновляющихся на вырубках и гарях средневозрастных фоновых сосняках лишайниково-зеленомошных визуальные признаки повреждения ассимиляционных органов *P. sylvestris* отсутствовали, поэтому в виталитетных спектрах сосновых древостоев абсолютно доминировали здоровые особи. Доля ослабленных деревьев варьировала в пределах от 13 до 21%. Анализ данных по радиальному росту сосны показывает, что в первые 12-15 лет жизни, когда еще отсутствуют жесткие конкурентные взаимоотношения в надземной части и в зоне корневых систем, она характеризуется достаточно активным приростом по диаметру (1,2-1,5 мм/год). Радиальный прирост сосны в последние годы после некоторого подъема стал снижаться на всех исследованных участках, что связано, на наш взгляд, с усилением конкурентных взаимоотношений в сообществах с возрастом и, возможно, с глобальными изменениями климата.

В районе среднего уровня атмосферного загрязнения (буферная зона) в начале наших исследований лишь около 70% однолетней хвои было отнесено к категории здоровой, более 10% хвои данного возраста имело следы повреждений хлорозами и некрозами, хотя площадь их не превышала 5% от общей поверхности хвои. С увеличением возраста хвои уменьшалась доля здоровой хвои и возрастала площадь повреждений. Исследования последних лет (2008-2014 гг.) показали, что в

рассматриваемой зоне однолетняя хвоя сосны не имела следов повреждения. В рассматриваемой зоне загрязнения в 1982 г. доля здоровых особей *P. sylvestris* не превышала 50%, а ослабленные составляли немногим более 30%, т.е. виталитетный спектр достоверно отличался от такового в фоновом районе. В 1987-1990 гг. состояние древостоев *P. sylvestris* здесь заметно ухудшилось: доля здоровых особей уменьшилась до 5-12%, а абсолютный максимум в виталитетном спектре стал приходиться на долю ослабленных экземпляров (более 50%). При этом доля сухих деревьев возросла в 10 раз по сравнению с 1982 г. Столь заметные изменения в состоянии древостоев *P. sylvestris* напрямую связаны с воздействием аэротехногенного загрязнения. Среднегодовые объемы атмосферных выбросов диоксида серы в 1980-1990 гг. превышали 200-220 тыс. т, а тяжелых металлов – 15-20 тыс. т. Анализ полученных многочисленных данных свидетельствовал о том, что ослабление деревьев *P. sylvestris* в пределах буферной зоны и соответственно ухудшение жизненного состояния древостоев еще не достигли той критической величины, за которой эдификаторный ярус теряет свое значение в сообществе и оно еще в достаточной степени выполняет основные биосферные функции.

На фоне 6-8-кратного снижения объемов промышленных выбросов с начала 2000-х годов продолжительность жизни хвои сосны достигла фоновых значений, при этом резко сократилась интенсивность ее повреждения хлорозами и некрозами. Улучшение жизненного состояния ассимиляционных органов вызвало увеличение доли здоровых особей в виталитетном спектре, которая к 2008-2014 гг. стала превышать 60%. Возрастание доли здоровых особей произошло за счет перехода части ослабленных особей в категорию здоровых. В начале исследований в импактной зоне (12-15 км от источника эмиссии), когда интенсивность загрязнения окружающей среды была максимальной, средняя продолжительность жизни хвои *P. sylvestris* едва достигала 2-х лет. После существенного сокращения объемов выбросов в 2008-2014 гг. наблюдалось увеличение этого показателя в 2 раза. Однако это было достоверно ниже по сравнению с таковым в буферной зоне и тем более в фоновых районах.

В импактной зоне в 1982 г. в древостоях сосны преобладали сильно ослабленные и отмирающие особи (около 55%). В последующий период исследований состояние древостоев в этой зоне продолжало ухудшаться. Виталитетные спектры были схожи: здоровые особи отсутствовали, доля ослабленных варьировала в пределах от 3 до 10%, абсолютно преобладали сильно ослабленные деревья (свыше 50%). Последними исследованиями (2008-2014 гг.) выявлено существенное улучшение состояния древесного яруса сосновых лесов в исследуемом районе. Начиная с 2005 г., виталитетный спектр здесь становится полночленным за счет появления здоровых особей, доля которых достигала почти четверти (более 23%) от всех особей в древостое. Снижение поступления SO₂ и полиметаллической пыли в атмосферу привело к улучшению жизненного состояния и продолжительности жизни хвои, что, в свою очередь, обусловило улучшение общего состояния древостоев *P. sylvestris*.

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на минимальные объемы выбросов в окружающую среду отходов медно-никелевого комбината, в настоящее время нельзя говорить о начавшихся процессах «возрождения» и полного восстановления биосферных функций лесных экосистем в окрестностях источника эмиссии. Существенные положительные изменения регистрируются только для одного, хотя и важного, компонента сосновых лесов – древесного яруса. В импактной зоне развитие этого процесса при существующем режиме атмосферных выбросов может происходить лишь до определенного предела.