

УДК 58.01; 58.02

## ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) И ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*Picea obovata* Ledeb.) В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ г. КРАСНОЯРСКА

Н.В. Пахарькова, М.А. Филиппова, М.А. Субботин,  
М.А. Пахарьков, Г.А. Сорокина

*Сибирский федеральный университет*

Показано, что ель сибирская, имея более низкую фотосинтетическую активность в летнее время по сравнению с сосной обыкновенной, вегетирует в течение более длительного периода. Этому способствует стратегия раннего распускания и роста хвои, сопровождающаяся более быстрым формированием фотосинтетического аппарата и пигментного комплекса. Однако меньшая глубина зимнего покоя делает ель более уязвимой при зимних оттепелях и в условиях изменения климата может приводить к иссушению и гибели хвои в зимний период.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, рост хвои, зимний покой, пигменты, флуоресценция.

**Введение.** Климатические условия среды являются важным фактором, определяющим рост и распространение различных представителей растительного мира, при этом видовые особенности растений играют большую роль на всех этапах их индивидуального развития. В условиях изменения климата и загрязнения окружающей среды весьма актуальной становится проблема оценки видовых различий устойчивости растений к неблагоприятным факторам. В последние десятилетия во многих странах Западной и Восточной Европы отмечено ухудшение состояния лесов, в первую очередь образованных темнохвойными породами [3; 11]. Среди многочисленных точек зрения на причины ухудшения состояния лесов и их усыхания до настоящего времени преобладают мнения об антропогенных (техногенных) влияниях, выступающих главным фактором (прямым или косвенным) этого феномена [9]. Однако существуют разные точки зрения на роль отдельных компонентов загрязняющих веществ в повреждении растений и на механизмы повреждения. Одни авторы считают, что повреждение деревьев, прежде всего, связано

с загрязнением воздуха поллютантами промышленного происхождения и поражением ассимиляционного аппарата, другие – с загрязнением почв и ухудшением деятельности корневой системы, третьи – с повреждением растений в надземной и подземной сферах; при этом в разной степени учитываются влияние климатических флуктуаций и биотических факторов, а также особенности местообитания. В то же время связь повреждения лесов с загрязнением атмосферы убедительно не доказана, прямая зависимость повреждения лесов поллютантами количественно не подтверждена, хотя без учета влияния загрязнений не может быть объяснено ухудшение состояния лесов. Признавая, что угнетение и усыхание лесов вызываются цепью взаимно переплетающихся явлений и факторов различной природы, некоторые авторы считают причины гибели лесов неясными [4; 5; 10; 13]. Ранее нами было обнаружено, что в загрязненных районах деревья раньше выходят из состояния покоя, что влечет за собой большую вероятность повреждения растений весенними заморозками [2; 6; 8]. Однако для разных видов хвойных рост и развитие хвои, а также

прохождение различных фенофаз имеют свои особенности.

**Объекты и методы.** В качестве объектов исследований использовали побеги отдельно стоящих деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в возрасте 30–40 лет. Все измерения проводились для хвои и побегов текущего года из средней части кроны.

Исследования проводились в 2009–2011 гг. в окрестностях г. Красноярска.

Количественное определение хлорофиллов проводили в ацетоновой вытяжке [12] на спектрофотометре SPEKOL 1300 Analytik Jenna AG, данные пересчитаны на сухую массу.

Для оценки фотосинтетической активности хвои параметры замедленной флуоресценции (ЗФ) регистрировали на компьютеризированном флуориметре «Фотон–10». В качестве показателя замедленной флуоресценции использовали отношение значений интенсивности быстрой и медленной компонент затухания свечения, измеряемых на высоком (120 Вт/м<sup>2</sup>) и низком (10 Вт/м<sup>2</sup>) возбуждающем свете соответственно (ОП ЗФ). Благодаря относительности измеряемой величины, данный показатель практически не зависит от массы и размера исследуемого растительного

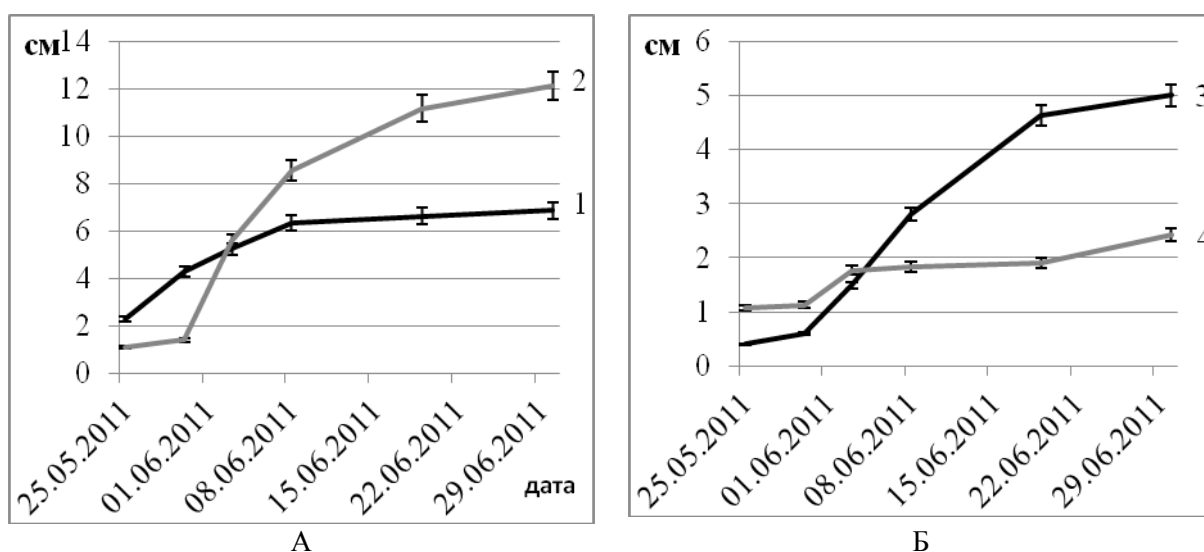
образца, а при подавлении фотосинтетической активности значительно снижается [1].

В качестве показателя глубины покоя использовали коэффициент  $R_2$ , рассчитываемый как отношение интенсивностей быстрой флуоресценции, соответствующих низкотемпературному и высокотемпературному максимумам кривой термоиндуцированных изменений нулевого уровня флуоресценции (ТИНУФ) [8]. ТИНУФ регистрировали на флуориметре «Фотон–11». Нагрев образцов, погруженных в воду, производился со скоростью 8 градусов в минуту в диапазоне температур от 20 до 80 °С.

Флуориметры «Фотон–10» и «Фотон–11» разработаны в Сибирском федеральном университете.

**Результаты и их обсуждение.** Особенности фенологической динамики развития растений представляют значительный интерес, так как могут свидетельствовать как о влиянии на растения климатических факторов, так и о видовых особенностях протекания регуляторных процессов в самих растениях.

Нами была изучена скорость роста хвои и побегов сосны обыкновенной и ели сибирской.



**Рис. 1.** Динамика роста побегов (А) и хвои (Б) *Pinus sylvestris* и *Picea obovata* (1 – основного побега сосны, 2 – основного побега ели, 3 – хвои на основном побеге сосны, 4 – хвои на основном побеге ели)

На начальных этапах развития линейный прирост побега сосны значительно превышает этот показатель у ели, тогда как впоследствии ситуация меняется на

противоположную (рис. 1А). В случае хвой наблюдается обратная картина – сначала хвоя ели растет быстрее, а затем возрастает прирост хвой у сосны (рис. 1Б).

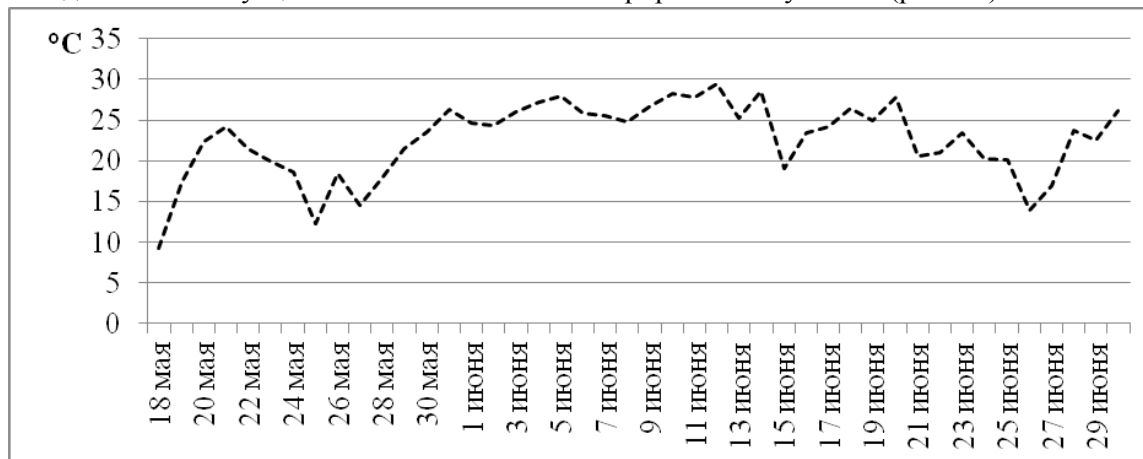


Рис. 2. Температура воздуха в 14 часов (по данным метеостанции г. Красноярск)

Динамика дневных температур мая-июня 2011 года (рис. 2) свидетельствует о достаточно высоких значениях в этот период, что позволяет предположить наличие эндогенных механизмов для различных

стратегий роста и исключить различия, связанные непосредственно с холодоустойчивостью исследуемых растений и влиянием текущей температуры.

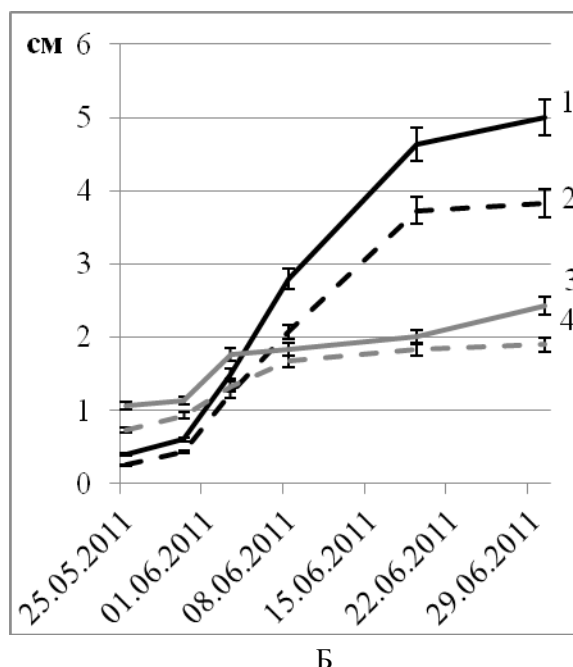
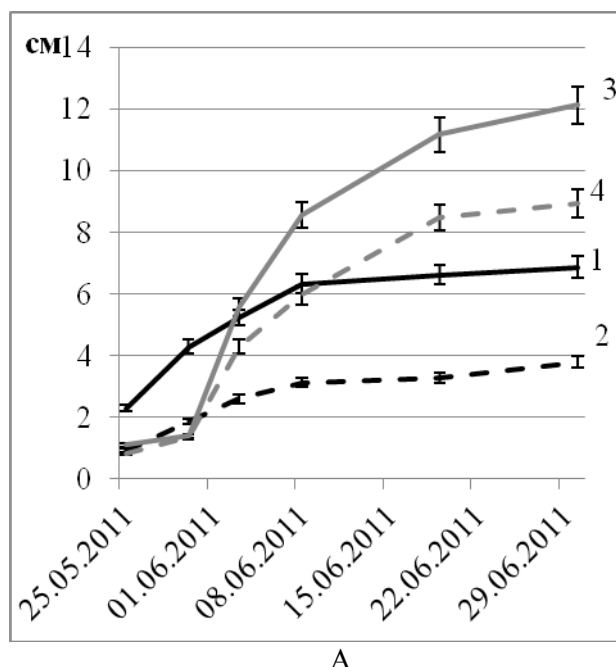


Рис. 3. Особенности развития основных и боковых побегов *Pinus sylvestris* и *Picea obovata* (А – длина побега, Б – длина хвой; 1 – основной побег сосны, 2 – боковой побег сосны, 3 – основной побег ели, 4 – боковой побег ели)

Рассматривая рост основных и боковых побегов (рис. 3А), можно отметить, что боковые побеги у обоих видов отстают в росте от основных, но динамика роста

является видоспецифичной. Коэффициент корреляции между линейным приростом основных и боковых побегов для сосны составляет 0,989, а для ели – 0,997.

Как свидетельствуют данные, представленные на рисунке 3Б, рост хвои на основных и боковых побегах как у ели сибирской, так и у сосны обыкновенной имеет сходный характер. Но если у ели длина хвои на основных и боковых побегах почти

одинакова, то у сосны рост хвои на боковых побегах несколько замедлен. Коэффициент корреляции между длиной хвои на основных и боковых побегах в соответствующий период для сосны составляет 0,998, а для ели – 0,955.

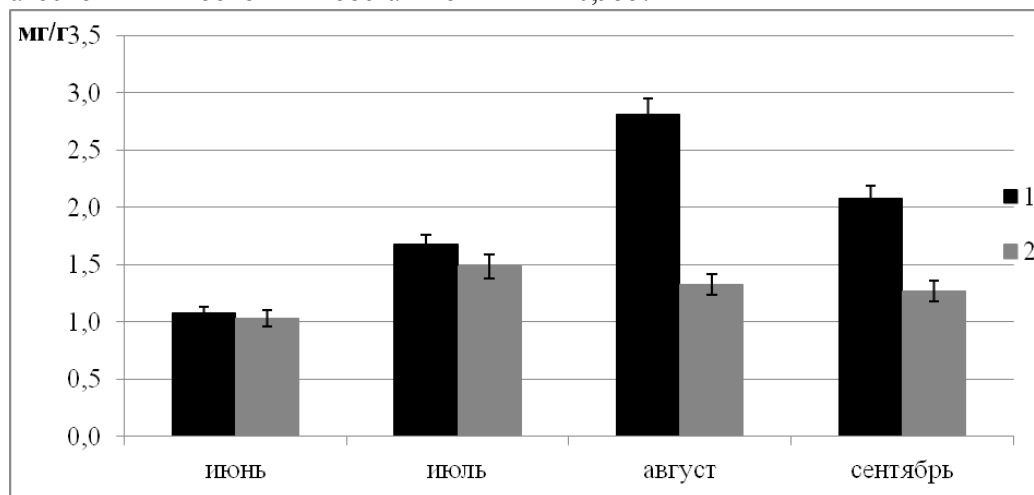


Рис. 4. Содержание хлорофиллов а и в в хвое основных побегов *Pinus sylvestris* (1) и *Picea obovata* (2)

Данные по пигментному составу хвои согласуются с видовыми особенностями роста хвои у сосны и ели. Хвоя текущего года у ели сибирской созревает быстрее (рис. 4), в июне суммарное количество хлорофиллов а и в составляет 70 % от максимальных значений, характерных для июля. У сосны количество хлорофиллов в июне составляет только 38 % от максимального, причем наибольшее количество пигментов отмечено в августе. В целом, для сосны обыкновенной по сравнению с елью в летнее время характерно большее количество хлорофиллов а и в. Это хорошо согласуется с результатами регистрации относительного показателя

замедленной флуоресценции (ОПЗФ) (рис. 5).

Характер годовой динамики ОПЗФ у изучаемых видов различен. В летнее время данный параметр выше у сосны обыкновенной, что свидетельствует о ее высокой фотосинтетической активности, тогда как у ели сибирской наблюдаются несколько более высокие значения ОПЗФ в осенний и весенний периоды, что позволило сделать предположение о более продолжительном периоде вегетации и меньшей глубине зимнего покоя ели сибирской по сравнению с сосной обыкновенной.

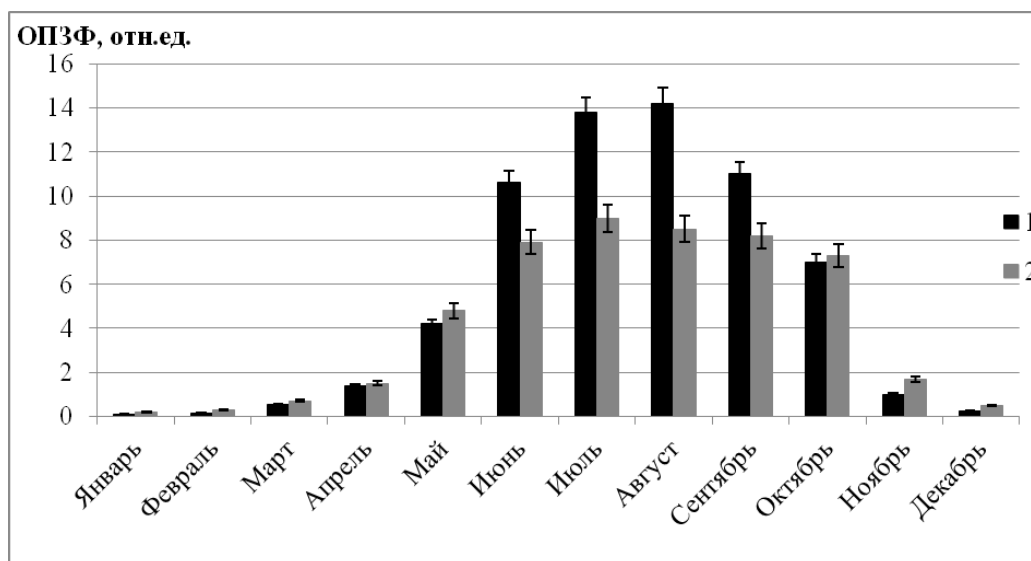
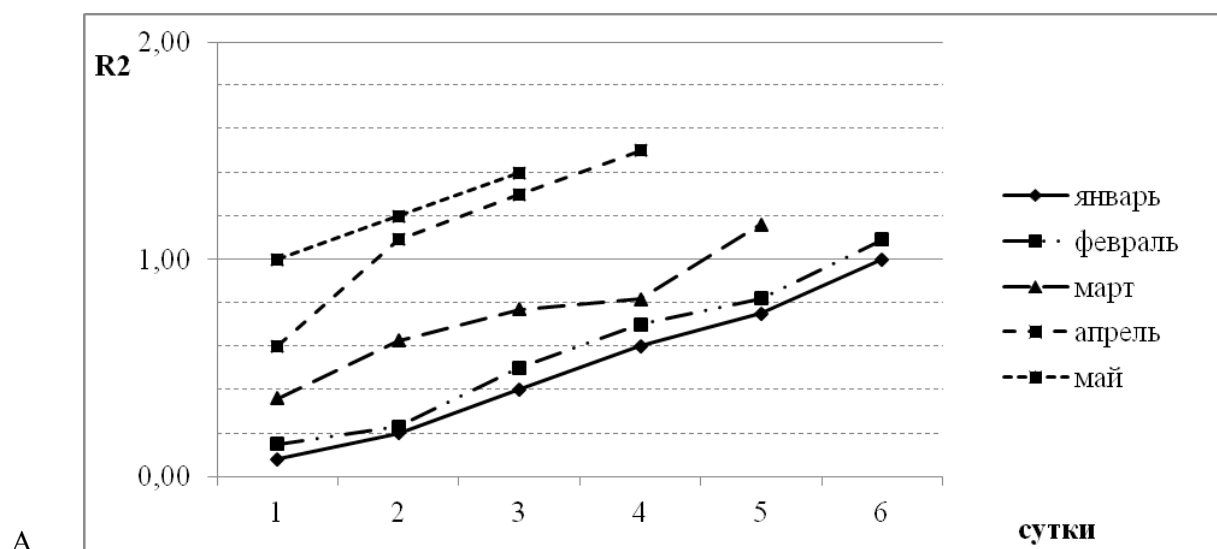


Рис. 5. Относительный показатель замедленной флуоресценции хлорофилла хвои основных побегов *Pinus sylvestris* (1) и *Picea obovata* (2)

Для подтверждения этой гипотезы нами была определена глубина покоя побегов сосны обыкновенной и ели сибирской при искусственном выведении их из состояния зимнего покоя в лабораторных условиях методом регистрации ТИНУФ.

Проведенные исследования показали, что для этих видов хвойных в течение зимнего периода характерна различная глубина покоя.

При переходе к активной вегетации значения коэффициента  $R_2$  становятся больше единицы [13]. В качестве показателя глубины покоя взято количество дней, необходимое для перехода этого параметра через единицу. Как следует из данных, представленных на рисунке 6, глубина покоя у изученных видов уменьшается с января по май по мере перехода к активной вегетации.



А

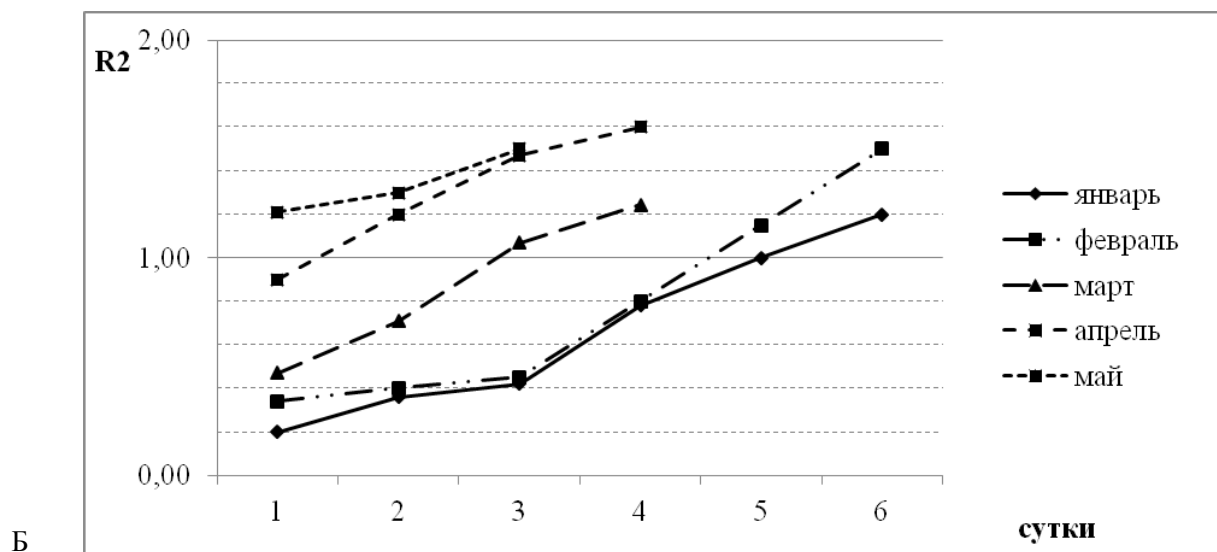


Рис. 6. Динамика коэффициента  $R_2$  термоиндуцированных изменений нулевого уровня флуоресценции хвои при выведении побегов из состояния зимнего покоя в лабораторных условиях в январе-мае (А – сосна обыкновенная, Б – ель сибирская)

В целом, сосна обыкновенная имеет большую глубину покоя по сравнению с елью сибирской. В январе-феврале побеги сосны выходят из состояния покоя на шестые сутки, тогда как побеги ели – на пятые, в остальные месяцы эта тенденция сохраняется. Естественный выход из покоя в природных условиях, о чем свидетельствует значение коэффициента  $R_2$  выше или около единицы в день сбора, у ели также происходит раньше – в начале апреля, тогда как у сосны – в начале мая.

**Заключение.** Таким образом, показано, что ель сибирская, имея более низкую фотосинтетическую активность в летний период по сравнению с сосной обыкновенной, вегетирует в течение более длительного периода. Этому способствует стратегия раннего распускания и роста хвои, сопровождающаяся более быстрым формированием фотосинтетического аппарата и пигментного комплекса в частности. Однако меньшая глубина зимнего покоя делает ель более уязвимой при зимних оттепелях и в условиях изменения климата может приводить к иссушению и гибели хвои в зимний период.

определения степени глубины покоя древесных растений / Гаевский Н.А. [и др.] ; патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет».

2. Григорьев, Ю.С. Влияние техногенного загрязнения воздушной среды на состояние зимнего покоя сосны обыкновенной / Ю.С. Григорьев, Н.В. Пахарькова // Экология. – 2001. – №6. – С. 471–473.

3. Кайрюкшис, Л.А. Гибель лесов в странах Западной Европы и возможные последствия / Л.А. Кайрюкшис // Лесное хозяйство. – 1989. – №5 – С. 94–99.

4. Манько, Ю.И. К истории гипотезы об усыхании пихтово-еловых лесов на Дальнем Востоке / Ю.И. Манько, Г.А. Гладкова // Почвоведение. – Владивосток. – 1993. – №9 – С. 94–97.

5. Негруцкий, С.Ф. Причины усыхания лесов Донецкой области и меры борьбы с ней. / С.Ф. Негруцкий // Тр. Харьковского с/х. инста. – 1996. – С. 26–29.

6. Пат. 2069851 Рос. Федерация: Бюлл. изобр., №33 от 27.11.96. Способ определения содержания фитотоксических веществ / авторы и заявители Григорьев Ю.С. [и др.] ; патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет».

7. Различия в акклимационных стратегиях сосны обыкновенной и ели сибирской на загрязнение воздушной среды / Н.В. Пахарькова [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – №3. – С. 231–236.

8. Флуоресцентная диагностика зимнего покоя хвойных в урбоэкосистемах с различным уровнем загрязнения воздушной среды / Н.В. Пахарькова [и др.] // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2009. – №4. – С. 359–367.

9. *Hinrichsen, D.* Multiple pollutants and forest decline / D. Hinrichsen. – *Ambio*, 1986. – 256 p.

10. *Innes, J.L.* Some problems with the interpretation of international assessments of forests damage / J.L. Innes // 19th World cong. “Sci.Forest. IUFRO’s 2nd Century”, – Monreal, 1990. – P. 380–

387.

11. *Leibundgut, H.* Zum Problem des Tannensterbens / H. Leibundgut – Schweiz. Z. Forstw., 1974. – P. 476–484.

12. *Lichtenthaler H.K.* Chlorophyll and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes / H.K. Lichtenthaler // *Methods. Enzimol.* – 1987. – Vol. 148. – P. 331–382.

13. *Schlaepfer, R.* Kranker Wald: Eine Analyse der Kenntnisse ans der Forschung / R. Schlaepfer. – Schweiz, 1990. – P. 40–46.

## SPECIES-SPECIFIC PECULIAR PROPERTIES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF NEEDLES OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) AND SIBERIAN SPRUCE (*Picea obovata* Ledeb.)

N.V. Pakharkova, M.A. Filippova, M.A. Subbotin, G.A. Sorokina

*Siberian Federal University*

It is shown that Siberian spruce, having a lower photosynthetic activity during the summer period compared to Scots pine, is characterized by a longer vegetation period. This is facilitated by a strategy of early blossoming and growth of needles, accompanied by a more rapid formation of the photosynthetic apparatus and the pigment complex, in particular. However, the smaller the depth of winter dormancy makes spruce more vulnerable during winter thaws, and in the presence of climate change may lead to desiccation and death of the needles in the winter period.

**Keywords:** growth of needles, winter dormancy, pigments, fluorescence, Scots pine, Siberian spruce.

УДК 631.4.634.0.1

## ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ПРОЦЕССЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ (ЮЖНАЯ ТАЙГА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ СИБИРЬ)

И.Н. Безкоровайная<sup>1,2</sup>, М.Н. Егунова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

<sup>2</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Анализ динамики комплексов почвенных беспозвоночных в процессе лесовосстановления в условиях южной тайги Центральной Сибири показал, что формирование лесного сообщества сопровождается постепенным увеличением численности беспозвоночных, формированием подстилочного комплекса и усложнением эколого-трофической структуры.

Ключевые слова: лесные культуры, комплексы почвенных беспозвоночных, микроэдафон, мезоэдафон, эколого-трофическая структура

**Введение.** В условиях высокой антропогенной нарушенности лесного покрова южной тайги и подтаежной зоны Центральной Сибири весьма актуален поиск

эффективных способов экологической оптимизации ландшафтов [8]. Одним из них является повышение лесистости на нарушенных землях, в том числе за счет