

УДК 630 + 582.475(470.21)

## Возрастные особенности и динамика радиального роста сосны обыкновенной на Кольском полуострове

Е.Ю. Полоскова<sup>1,2</sup>, О.А. Гончарова<sup>2</sup>, А.В. Кузьмин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Апатитский филиал МГТУ, кафедра геоэкологии

<sup>2</sup> Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина  
КНЦ РАН

<sup>3</sup> Великолукская государственная сельскохозяйственная академия,  
кафедра химии и агрохимии

**Аннотация.** В работе дана характеристика возрастных особенностей сосновых древостоев Кольского полуострова. Определены черты возрастной динамики радиального роста для древостоев сосны обыкновенной различного географического местоположения.

**Abstract.** In the work the characteristic of age features of pine forest stands of the Kola Peninsula has been given. The traits of age dynamics of radial growth for pine forest stands of the different geographic location have been defined.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, годичный радиальный прирост, возрастная динамика  
**Key words:** pine, annual radial increment, age dynamics

### 1. Введение

В настоящее время сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института наиболее полно изучен вопрос о реакции годичного радиального прироста (ГРП) древесных организмов на климатические факторы (Кузьмин и др., 2006; 2007). Однако сама по себе дендроклиматическая информация не позволяет выявлять изменения в структуре экосистем и популяций. Для выявления изменений в структуре лесных экосистем необходимо параллельно изучать изменения в долговременной и возрастной динамике годичного радиального прироста. С.П. Арефьев (1997) отмечает, что дерево является наилучшим индикатором устойчивости лесных экосистем.

В соответствии с актуальностью рассматриваемых вопросов формулируются следующие задачи: описать возрастные особенности сосновых древостоев на Кольском полуострове и проанализировать возрастную динамику годичного радиального прироста и его критериев.

### 2. Материалы и результаты исследований

Исследования проводились на территории Мурманской области (Кольский полуостров). Территория области расположена между 66°03' и 69°57' с.ш. и 28°25' и 41°26' в.д. Объектами для исследования явились деревья *Pinus sylvestris* L., произрастающие в различных частях Кольского полуострова. На Кольском полуострове проходит граница распространения *P. sylvestris* как биологического вида. Исследованы древостои на 9 модельных объектах (МО). В пределах каждого компактного древостоя для сбора эмпирической информации использовались 30 деревьев, расположенных в непосредственной близости, исключение составляют МО Кола и Падун, на которых обследовано 18 и 29 деревьев *P. sylvestris* соответственно. Всего обследовано 257 деревьев. Схема расположения модельных объектов приведена на рис. 1.

При отборе деревьев предпочтение отдавали прямостоящим деревьям стволовой формы. Для каждого из деревьев буравом Пресслера собраны образцы древесных кернов на высоте 1,3 м, сверление проводилось до сердцевины, измерение кернов проводилось с точностью до 0,01 мм с использованием автоматизированной системы телеметрического анализа (Кузьмин и др., 1989). Полученные дендрохронологические ряды с целью поиска возможных ошибок были подвергнуты перекрестной датировке, что позволило определить пары колец, образовавшихся в один календарный год на разных деревьях, выявить выпавшие и ложные кольца. Возраст каждого дерева определен по количеству годичных слоев.

При анализе возрастной динамики годичного радиального прироста, образовавшегося в разные календарные годы, обследованные деревья группировались и анализировались по возрастным группам с шагом в 20 лет: 0-20, 21-40 лет и т.д. Это позволило исключить влияние внешних воздействий,

выделенные тренды обусловлены воздействием возрастного фактора. Статистический анализ временных рядов радиального прироста предусматривает вычисление оценочных показателей. Нами выбран индекс стресса (ИС). Биологический смысл индекса стресса – реакция на действие дезаптирующего фактора, проявляющаяся в резком уменьшении или увеличении прироста. ИС, соответствующий устойчивому состоянию дерева, близок к нулю по модулю, возрастая при неустойчивом состоянии. Временной ряд индексов стресса является относительно однородным. В используемом показателе уже заложена норма (нулевое значение, соответствующее наибольшей устойчивости). Повышенный уровень индекса стресса наблюдается в пессимальных условиях (Арефьев, 1997). Поскольку при оценке индекса стресса учитывается отклонение от нулевого значения, то в работе использовали не вычисленные величины показателя, а значения по модулю. Отрицательные / положительные величины индекса стресса характеризуют этапы снижения / увеличения ширины годичного радиального прироста, что также является важным при анализе динамики радиального роста.

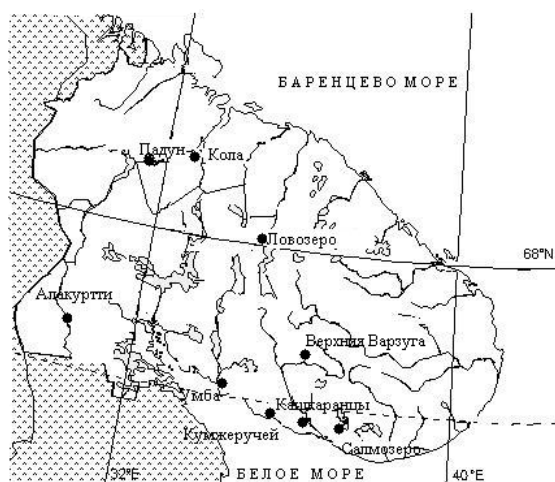


Рис. 1. Расположение модельных объектов

Амплитуда изменчивости величины ГРП, т.е. мера рассеяния, отклонения может оцениваться с помощью дисперсии (квадрата среднего отклонения). Арефьев С.П. (2001) отмечает, что стандартное отклонение среднего ГРП характеризует разнородность древостоя по приросту, по которой можно судить о степени организованности деревьев в единую систему, его повышение показывает процессы распада и дальнейшего восстановления структуры древостоя.

Ряды значений ИС для анализа временной и возрастной динамики группировали аналогично рядам ГРП. Таким образом получены эталонные шкалы – ряды изменчивости ширины ГРП в абсолютных единицах или годовых индексах, рассчитанные с применением любого корректного способа. Сформированные шкалы являются достаточной эмпирической основой для решения поставленных задач. При изучении временных и возрастных тенденций использовали регрессионный анализ (Зайцев, 1990). В качестве оценочного критерия применяли коэффициент детерминации.

Описание обследованных модельных объектов приведено в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики модельных объектов

№ МО	МО	Средний возраст, лет
1	Падун	212 ± 5
2	Кола	212 ± 8
3	Ловозеро	152 ± 5
4	Верхняя Варзуга	189 ± 8
5	Салмозеро	171 ± 14
6	Кашкаранцы	179 ± 6
7	Кумжеручей	231 ± 17
8	Умба	171 ± 16
9	Алакуртти	146 ± 6

Обследованные деревья распределили в 19 возрастных классов (от 4-го по 22-й классы). Самыми массовыми являются классы возраста (КВ) с 8-го по 11-й. Молодые и старые деревья вносят несущественные различия по возрастной структуре. Наиболее представлены: 10-й возрастной класс –

19 % от общего числа рассмотренных деревьев, 9-й – 15,6 %, 11-й – 14 % и 8-й – 11,3 %. Меньше всего деревьев отнесено к 4-му и 16-му возрастным классам – по 0,4 %; 18, 20, 21, 22-му классам – по 0,8 % обследованных деревьев (Гончарова и др., 2009; Гончарова, Полоскова, 2009).

В настоящей работе определено, что общим свойством для исследуемых древостоев является выпадение отдельных классов возраста. Таковыми являются для МО 1: 4, 5, 7, 8, 15-22; МО 2: 4, 5, 7-9, 15-22; МО 3: 4, 11-22; МО 4: 4-6, 12-22; МО 5: 7, 15-22; МО 6: 4, 5, 13, 14, 16-22; МО 7: 4-7, 12, 13, 16-19; МО 8: 4, 8, 11-14, 17, 19, 21, 22; МО 9: 4, 10, 11, 13-22. Таким образом, растения 4-го класса возраста обнаружены только на модельном объекте 5. Чаше отсутствуют деревья 15-22-го возрастного класса, на всех модельных площадках не обнаружены деревья 17 и 19-го классов возраста. Датировка обнаруженных событий позволяет определить следующие временные интервалы по годам: МО 1: 1825-1864; МО 2: 1805-1864; МО 5: 1848-1867; МО 6: 1708-1747; МО 7: 1608-1687, 1728-1767; МО 8: 1608-1627, 1629-1667, 1708-1787, 1828-1847; МО 9: 1772-1811. Древостой на МО 8 отличается от других модельных объектов наиболее масштабным характером выпадения классов возраста, установлено четыре временных интервала, когда не происходило образование новых поколений растений. Для МО 7 обнаружено два временных этапа, в течение которых отсутствовало возобновление деревьев, на МО 1, 2, 5, 6, 9 – по одному такому периоду. На МО 3 и 4 образование новых поколений деревьев происходит, в отличие от других древостоев, непрерывно в течение 1785-1904 гг. и 1777-1876 гг. соответственно. Явление выпадения из возрастного спектра отдельных классов возраста ранее было показано для сосновых древостоев Кольского региона (Кузьмин и др., 2006; 2007; Гончарова и др., 2009; Гончарова, Полоскова, 2009). В данной работе получены аналогичные результаты.

На следующем этапе проанализируем типы возрастной структуры древостоя на обследованных модельных площадках (табл. 2) по Вайсу А.А. (2007).

Таблица 2. Типы возрастной структуры сосняков Кольского полуострова

МО	Средний возраст, лет	Коэффициент вариации среднего возраста, %	Тип возрастной структуры
1	212 ± 5	14	Условно разновозрастная
2	212 ± 8	15	Условно разновозрастная
3	152 ± 5	19	Условно разновозрастная
4	189 ± 8	10	Условно одновозрастная
5	171 ± 14	45	Разновозрастная
6	179 ± 6	19	Условно разновозрастная
7	231 ± 17	40	Разновозрастная
8	171 ± 16	50	Разновозрастная
9	146 ± 6	22	Условно разновозрастная

В данной классификации типы возрастной структуры сосновых древостоев определяются в зависимости от величины коэффициента вариации возраста деревьев на каждой модельной площадке. К условно одновозрастным относят древостои, для которых коэффициент вариации среднего возраста составляет 6-12 %, к условно разновозрастным – 13-22 %, к разновозрастным – свыше 23 %. Разновозрастные древостои встречаются в южной части Мурманской области (МО 5, 7 и 8). Древостои условно разновозрастные отмечены в северной, центральной и материковой частях Кольского полуострова (МО 1, 2, 3, 6, 9). Условно одновозрастная структура древостоя наблюдается на одном модельном объекте, расположенном в центральном секторе Мурманской области (МО 4). Таким образом, результаты, отраженные в данной таблице, свидетельствуют о незначительном разнообразии типов возрастной структуры исследованных сосняков: от условно одновозрастных до разновозрастных.

Стадии развития древостоев установлены по П.М. Верхуну (1976). В отличие от типа возрастной структуры, стадии развития характеризуются значительным разнообразием. На рассматриваемых модельных площадках обнаружены деревья всех ступеней развития, предложенных П.М. Верхуну: от зрелости до старости и отмирания. Деревья на этапе зрелости преобладают на МО 5 и 8. На МО 3, 6 и 9 значительное количество особей сосны обыкновенной находится на переходной стадии от зрелости к старению. На этапе старения преобладающее число деревьев обнаружено на МО 1, 2, 4 и 7. На переходной ступени от старения к старости отсутствуют деревья на МО 3, 4 и 9, на остальных площадках таких особей от 3 до 13 %, за исключением МО 5. На этом МО 30 % подобных деревьев. На МО 7 и 8 обнаружены деревья сосны обыкновенной на этапе старости и отмирания.

В разновозрастных древостоях отмечается большая разнородность по возрасту и стадиям развития деревьев. Преобладают деревья на переходном этапе от зрелости к старению и на стадии старения. На МО 1, 2, 6, 9 обнаружены деревья на стадиях от зрелости до переходного этапа от старения

к старости. Древостой на МО 3 отличается наличием деревьев от стадии зрелости до стадии старения. Менее разнообразно представлены стадии развития на МО 4 (от переходного этапа зрелость – старение до стадии старения). Максимальное количество стадий развития древостоя обнаружено на МО 5, 7, 8 (от стадии зрелости до стадии старости и отмирания).

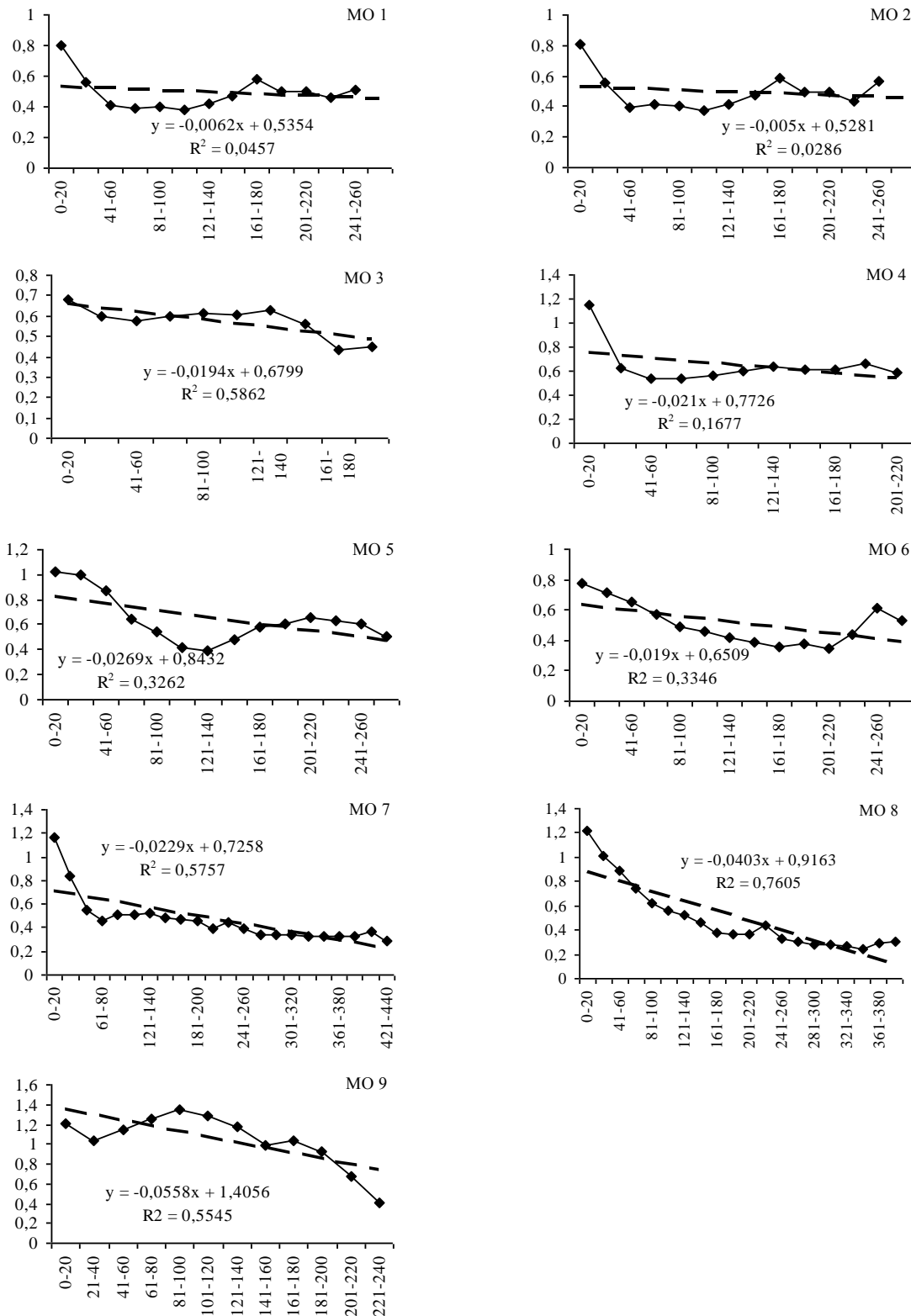


Рис. 2. Возрастная динамика годичного радиального прироста сосны обыкновенной

На рис. 2 показаны возрастные тенденции в динамике ГРП (по оси ОУ – размер ГРП, мм, по оси ОХ – возрастные группы).

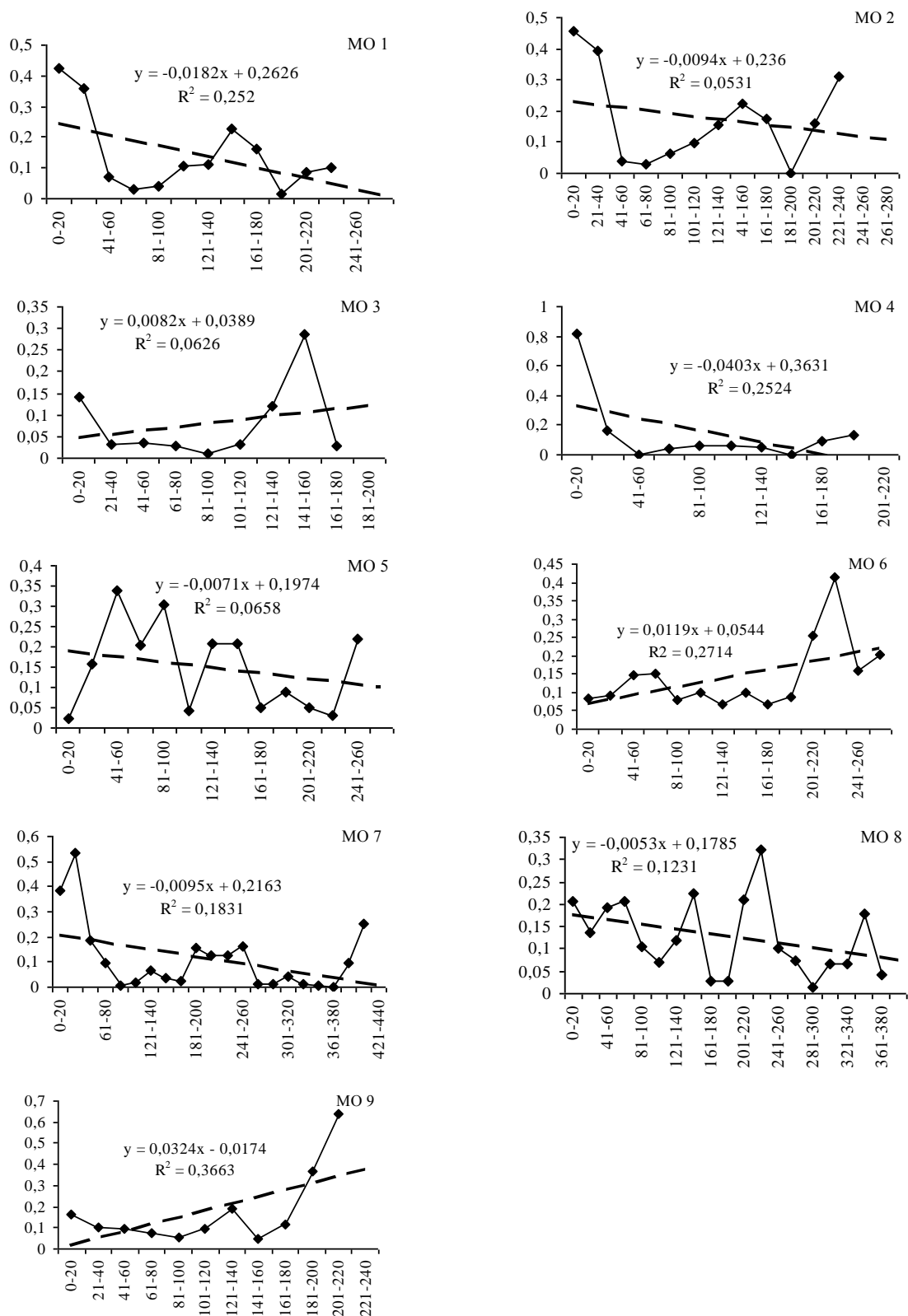


Рис. 3. Возрастная динамика индекса стресса

До возрастной группы 141-160 лет наименьшие величины ГРП наблюдались на МО 1 и 2 (наиболее северные МО). Наибольшие величины всегда, за исключением крайней возрастной группы 221-240 лет, – на МО 9. До 100 лет близкие размеры прироста отмечаются на МО, расположенных близко в географическом плане. С увеличением возраста значения ГРП уменьшаются, это связано с возрастным фактором.

Все вычисленные линейные тренды являются отрицательными, однако для МО 1, 2 и 4 данные тренды недостоверны. С биологической точки зрения, это свидетельствует о наличии тенденции к сокращению средней ширины годовичного радиального прироста с течением возраста у сосны обыкновенной на МО 3, 5, 6, 7, 8 и 9. На каждой площадке выделены точки максимума и минимума. На МО 1 и 2 значения ГРП очень близки, в одних и тех же КВ отмечаются точки экстремумов. На всех МО, кроме МО 9, самый максимум отмечен до 20 лет, следующие максимальные значения ГРП наблюдаются в более старших КВ (после 120 лет). Минимум чаще наблюдается после 100 лет.

На большей части обследованных модельных объектов не выражена одновершинная возрастная кривая динамики ширины годовичного радиального прироста. С.Г. Шиятов (1967) отмечает, что слабая выраженность или отсутствие кривой большого периода роста наблюдается у деревьев в пессимальных условиях. У этих особей ширина годовичного радиального прироста в основном определяется внешними, а не внутренними факторами, что генетически обусловленные потенции роста реализуются частично. Для МО Алакертти отмечена одновершинная возрастная кривая изменений годовичного радиального прироста.

При исследовании возрастных тенденций в динамике индекса стресса установлено следующее (рис. 3). Не существует достоверных статистических тенденций к уменьшению или увеличению величины индекса стресса с увеличением возраста деревьев, об этом свидетельствуют недостоверные коэффициенты детерминации. Аналогичные выводы получил и С.П. Арефьев (1997).

Индекс стресса, соответствующий устойчивому состоянию дерева, близок к нулю по модулю, возрастая при неустойчивом состоянии. С.П. Арефьев (1997) установил градацию значений индекса стресса. ИС до 0,2 характеризует низкий уровень стресса, средний – 0,2-0,29, высокий – 0,3-0,39, очень высокий – свыше 0,4.

Большая часть кривых динамики индекса стресса проходит в зоне низкого и среднего уровня стресса (ИС менее 0,3). Значения ИС выше 0,3 характерны для КВ 1-КВ 3, после КВ 10. Высокий уровень стресса (ИС 0,3-0,39) отмечается для МО 1 в КВ 2, 13; на МО 2 в КВ 2; МО 5 – КВ 3, 5; МО 6 – КВ 11; МО 7 – КВ 1; МО 9 – КВ 10. Очень высокий уровень стресса (ИС более 0,4) зарегистрирован на МО 1, 2 в КВ 1, на МО 6 в КВ 12; на МО 4 – КВ 1; на МО 7 – КВ 2; на МО 9 – КВ 11. Сопоставление этих результатов с данными об этапах депрессии, подъема и стабильности в динамике ГРП показало, что повышенный уровень ИС отмечается в этапы депрессии прироста, за исключением МО 6, где ИС повышается при росте значений ГРП. Таким образом, высокий и очень высокий уровень ИС отмечается у молодых и старых деревьев, которые более подвержены воздействию стрессовых факторов.

### 3. Заключение

Определены следующие черты возрастной динамики радиального роста для древостоев сосны обыкновенной различного географического местоположения. Существует достоверная тенденция к сокращению величины среднего радиального прироста и его изменчивости с увеличением возраста деревьев. Древостой в Алакертти характеризуется наибольшими величинами годовичного радиального прироста и его изменчивости. Молодые и старовозрастные особи наиболее подвержены действию стрессовых факторов, об этом свидетельствуют высокие значения индекса стресса.

### Литература

- Арефьев С.П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины. *Экология*, № 3, с. 175-183, 1997.
- Арефьев С.П. Оценка устойчивости леса в дендрохронологических рядах. Проблемы взаимодействия человека и природной среды. *Тюмень, Изд-во ИПОС СО РАН*, с. 83-87, 2001.
- Вайс А.А. Возрастная структура древостоев таежной зоны Западной Сибири. *Научный журнал КубАГУ*, № 33 (9). URL: <http://ej.kubagro.ru/2007/09/pdf/02.pdf>, 2007.
- Верхунов П.М. Закономерности строения разновозрастных сосняков. *Новосибирск, Наука*, 254 с., 1976.
- Гончарова О.А., Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю. Оценка динамики радиального прироста и особенностей возрастной структуры сосновых древостоев в южном секторе Кольского полуострова. *Теоретическая и прикладная экология*, № 2, с. 58-65, 2009.
- Гончарова О.А., Полоскова Е.Ю. Сосновые древостои Кольского региона в условиях изменения долговременных температурных трендов. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*, т. 1, № 3, с. 29-35, 2009.

- Зайцев Г.Н.** Математика в экспериментальной ботанике. *М., Наука*, 296 с., 1990.
- Кузьмин А.В., Олейник А.Г., Олейник О.В., Зотов А.И.** Автоматизированная система телеметрического анализа древесных кернов. *Экология*, № 3, с. 79-80, 1989.
- Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю., Распопов О.М., Кузьмина Л.И.** Временная идентификация интегрального и комбинаторного влияния климатических факторов на структурные элементы сосновых древостоев Кольского региона. *Апатиты, КНЦ РАН*, 90 с., 2007.
- Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю., Распопов О.М., Кузьмина Л.И., Гончарова О.А.** Дифференцированный анализ влияния элементарных климатических факторов нетемпературной группы на формирование сосновых древостоев Кольского региона в пространстве географических градиентов. *Апатиты, КНЦ РАН*, 66 с., 2006.
- Шиятов С.Г.** Колебания климата и возрастная структура древостоев лиственничных редколесий в горах Полярного Урала. Растительность тундр и пути ее освоения. *Л., Наука*, с. 271-278, 1967.