

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО И БИОТИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ОЧАГАХ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ СОСНОВЫХ ПИЛИЛЬЩИКОВ

Симоненков В.С.<sup>1</sup>, Симоненкова В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия (460018, Оренбург, пр. Победы, 13)

<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет», Оренбург, Россия (460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18), [simon\\_vik@mail.ru](mailto:simon_vik@mail.ru)

---

Проведен анализ влияния на радиальный прирост сосны обыкновенной климатического и биотического факторов в очагах массового размножения сосновых пилильщиков на территории Оренбургской области. Многолетние циклические колебания режимов солнечной активности, температуры и осадков вызывают синхронные колебания радиального прироста сосны обыкновенной. Радиальный прирост сосны зависит от вспышек массового размножения сосновых пилильщиков, при которых наблюдается сильная дефолиация сосны. Солнечная активность оказывает более сильное воздействие на радиальный прирост спустя два года. На радиальный прирост сосны обыкновенной доказано влияние ГТК августа текущего и следующего года, ГТК июля спустя два года, а также частичное влияние ГТК июня спустя два года. Связь между радиальным приростом деревьев и климатическими параметрами не всегда однозначна, поскольку на прирост деревьев обычно влияет комплекс факторов.

---

Ключевые слова: радиальный прирост, сосна обыкновенная, климатический фактор, биотический фактор, сосновые пилильщики

## THE EFFECTS OF CLIMATIC AND BIOTIC FACTORS ON RADIAL GROWTH PINE IN OUTBREAK LOCALITIES PINE SAWYER

Simonenkov V.S.<sup>1</sup>, Simonenkova V.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Orenburg State University", Orenburg, Russia (460018, Orenburg, Pobeda 13)

<sup>2</sup>"Orenburg State Agrarian University", Orenburg, Russia (460014, Orenburg, ul. Chelyuskincev 18), [simon\\_vik@mail.ru](mailto:simon_vik@mail.ru)

---

Analysis of influence on the radial growth of Scots pine climate and biotic factors in the outbreak localities pine sawflies in the Orenburg region. Multi-year cyclical fluctuations modes of solar activity, temperature and precipitation fluctuations cause synchronous radial growth of Scots pine. Radial growth of pine depends on outbreaks of mass reproduction pine sawflies, in which there is a strong pine defoliation. Solar activity has a stronger effect on radial growth after two years. Groove on the increment of Scots pine shown to affect SCC August this year and next, the SCC in July after two years, as well as partial effect of the SCC in June after two years. Communication between the radial growth of trees and climate parameters is not always straightforward, as gains trees usually affects complex factors.

---

Keywords: radial growth, *Pinus sylvestris*, climatic factors, biotic factor, pine sawflies

Важную роль в динамике прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) играют экотопические условия. Многолетние циклические колебания режимов солнечной активности, температуры и осадков вызывают синхронные колебания радиального прироста сосны обыкновенной [3]. Скомаркова М.В., Ваганов Е.А., Вирт К., Кирдянов А.В. [5] проводили дендроклиматические исследования годовых колец ели, пихты, сосны, березы и осины, произрастающих в подзоне средней тайги Центральной Сибири. Авторами показано, что в данных условиях влияние климатических факторов объясняет не более 53,5% изменчивости величины радиального прироста. Митряйкиной А.М. [2] были изучены максимально разнообразные древесные спилы дуба черешчатого и сосны обыкновенной, индивидуальная и пара-

типическая изменчивость в динамике радиального прироста, особенности формирования годичных колец в условиях типичной лесостепи Среднерусской возвышенности. Между солнечной активностью (в пределах 11-летнего цикла) и величиной радиального прироста деревьев существует прямая связь со сдвигом максимума прироста от максимума солнечной активности в 1 год.

Тимофеев А.В. [6] в своей работе указывал, что режимы основных экологических факторов (солнечной активности, температуры, увлажненности) имеют циклический характер и вызывают синхронные колебания радиального прироста сосны обыкновенной.

Радиальный прирост сосны зависит от вспышек массового размножения сосновых пилильщиков, при которых наблюдается сильная дефолиация сосны (рис. 1) [4].

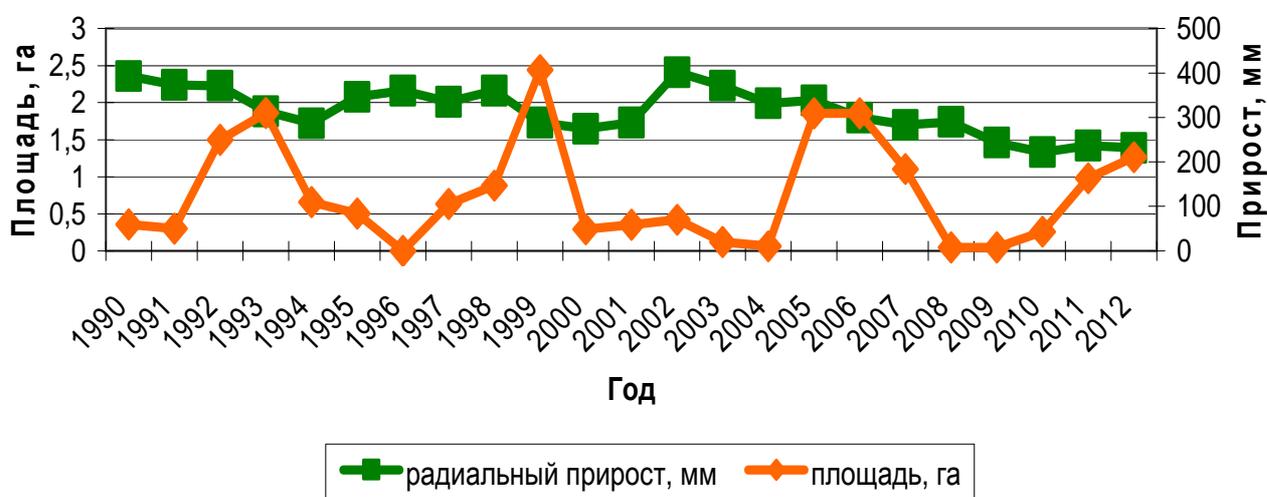


Рис. 1. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной и очагов массового размножения сосновых пилильщиков в Соль-Илецком лесничестве

При проведении исследований зависимости радиального прироста сосны обыкновенной от ряда экологических факторов в условиях Оренбургской области оказалось трудно подобрать чистые насаждения, произрастающие без сильного воздействия хвоегрызущих филофагов. Все насаждения сосны обыкновенной на территории Оренбургской области произрастают в очагах массового размножения сосновых пилильщиков, а также корневой или сосновой губки. Поэтому, для сравнения был использован график динамики радиального прироста сосны обыкновенной степных боров, построенный Гурским А.А. [1].

Таблица 1

Значимость воздействия на радиальный прирост сосны каждого из рассматриваемых климатических и биотических факторов

	Значение констант	t	P-значение
Влияние солнечной активности на прирост сосны			
Независимый член	1,615124	10,64729	0,000040
Активность	0,002252	0,15717	0,880266
Активность^2	0,000333	1,06634	0,327285

Активность <sup>3</sup>	-0,000003	-1,65636	0,148728
Влияние ГТК_май на прирост сосны			
Независимый член	2,083505	13,51082	0,000000
ГТК_5	-0,477434	-0,59907	0,557515
ГТК_5 <sup>2</sup>	0,847346	0,83927	0,413683
ГТК_5 <sup>3</sup>	-0,363363	-1,09578	0,289395
Влияние ГТК_август на прирост сосны			
Независимый член	1,65114	16,54561	0,000000
ГТК_8	2,83307	3,39199	0,003723
ГТК_8 <sup>2</sup>	-4,84067	-3,12650	0,006508
ГТК_8 <sup>3</sup>	2,27991	2,94724	0,009465
Влияние солнечной активности спустя год на прирост сосны			
Независимый член	1,440940	7,586070	0,000273
Активность	0,009700	0,540738	0,608162
Активность <sup>2</sup>	0,000119	0,304061	0,771350
Активность <sup>3</sup>	-0,000001	-0,613868	0,561839
Влияние ГТК_май спустя год на прирост сосны			
Независимый член	1,847664	11,73842	0,000000
ГТК_5	0,513421	0,63115	0,536852
ГТК_5 <sup>2</sup>	-0,231438	-0,22458	0,825147
ГТК_5 <sup>3</sup>	-0,051914	-0,15338	0,880016
Влияние ГТК_август спустя год на прирост сосны			
Независимый член	1,61447	13,91961	0,000000
ГТК_8	2,81446	2,89928	0,010457
ГТК_8 <sup>2</sup>	-4,90747	-2,72715	0,014918
ГТК_8 <sup>3</sup>	2,31947	2,57980	0,020150
Влияние ср_ГТК спустя два года на прирост сосны			
Независимый член	2,61673	7,05614	0,000003
Ср_ГТК	-4,31474	-2,07935	0,054026
Ср_ГТК <sup>2</sup>	6,07885	1,83920	0,084518
Ср_ГТК <sup>3</sup>	-2,30462	-1,53838	0,143495
Влияние солнечной активности спустя два года на прирост сосны			
Независимый член	1,240178	13,58324	0,000010
Активность	0,029458	3,41639	0,014207
Активность <sup>2</sup>	-0,000451	-2,39726	0,053494
Активность <sup>3</sup>	0,000002	2,22298	0,067919
Влияние ГТК_май спустя два года на прирост сосны			
Независимый член	1,856187	10,97869	0,000000
ГТК_5	-0,385853	-0,44160	0,664691
ГТК_5 <sup>2</sup>	1,188590	1,07378	0,298851
ГТК_5 <sup>3</sup>	-0,535802	-1,47377	0,159946
Влияние ГТК_июнь спустя два года на прирост сосны			
Независимый член	1,88034	11,94852	0,000000
ГТК_6	-1,13524	-1,59607	0,130033
ГТК_6 <sup>2</sup>	2,07503	2,36469	0,031020
ГТК_6 <sup>3</sup>	-0,73211	-2,49618	0,023857
Влияние ГТК_июль спустя два года на прирост сосны			
Независимый член	2,16548	13,03008	0,000000
ГТК_7	-2,27334	-2,58699	0,019859
ГТК_7 <sup>2</sup>	3,18277	2,55525	0,021177
ГТК_7 <sup>3</sup>	-1,08741	-2,27836	0,036775

По данным Гурского А.А. [1] отмечено, что осадки, температура и влажность воздуха за апрель, сентябрь на величину радиального прироста сосны обыкновенной влияния не оказывают. По динамике индексов радиального прироста автором установлены периоды усиленного, частично умеренного роста и периоды угнетения – замедленного роста.

Для выяснения значимости воздействия на радиальный прирост сосны обыкновенной

каждого из рассматриваемых климатических и биотических факторов проведен однофакторный регрессионный анализ. Исходя из предположения, что зависимость прироста от рассматриваемого фактора описывается параболой третьего порядка:  $Y = a_1 * X^3 + a_2 * X^2 + a_3 * X + a_4$ , где  $Y$  – прирост сосны, мм;  $a_1 \dots a_4$  – константы уравнения;  $X$  – значение того или иного фактора), были составлены уравнения.

Для многофакторного анализа были взяты независимые переменные, константы при которых оказались статистически значимыми (из табл. 1: ГТК\_август; ГТК\_август спустя год; ГТК\_июль спустя два года). В результате расчетов модель оказалась статистически не значимой ( $p > 0.05$ );  $F(9, 8) = 1,7593$ ;  $R^2 = 0,664$  (в программе Statistica 8.0).

Где ГТК\_VIII – ГТК\_август\_текущего года; ГТК\_VIII\_1 – ГТК\_август\_следующего года; ГТК\_VII\_2 – ГТК\_июля\_два года спустя. Применяя пошаговую (с шагом назад) регрессию (в программе JMP) с использованием пороговых значений  $p$ , получили следующую статистически значимую модель:  $F(3; 16) = 3,633$ ;  $p = 0,036$ ;  $R^2 = 0,41$ .

В данной программе (JMP) для удобства автоматически осуществляется отцентровка (из значений переменных возводимых в ту или иную степень вычитывается среднее значение данной переменной за период наблюдений). Курсивом выделены статистически значимые переменные. Данная модель адекватно описывает влияние ГТК\_июля на прирост сосны спустя два года.

В качестве эксперимента ниже рассмотрена расширенная модель, включающая все переменные. Применяя пошаговую (с шагом вперед) регрессию (в программе JMP) с использованием пороговых значений  $p$ , получили следующий результат  $F(6; 3) = 9,2119$ ;  $p = 0,048$ ;  $R^2 = 0,95$ .

В расширенную модель не включена «солнечная активность». Результат следующей пошаговой регрессии (с шагом вперед):  $F(8; 9) = 16,307$ ;  $p = 0,0002$ ;  $R^2 = 0,94$ .

В следующую модель включаем все рассматриваемые независимые переменные (факторы) из предположения, что каждая независимая переменная действует на прирост сосны в текущем году.

Результат пошаговой (с шагом вперед) регрессии:  $F(5; 13) = 4,838$ ;  $p = 0,0102$ ;  $R^2 = 0,65$ . В конечную модель включаем все переменные, за исключением солнечной активности). Результат пошаговой (с шагом вперед) регрессии:  $F(13; 3) = 11,7093$ ;  $p = 0,033$ ;  $R^2 = 0,98$ .

На рисунках 2, 3 показано влияние солнечной активности на радиальный прирост сосны обыкновенной в условиях Оренбургской области. Солнечная активность оказывает более сильное воздействие на радиальный прирост спустя два года, что согласуется с данными Гурского А.А. [1].

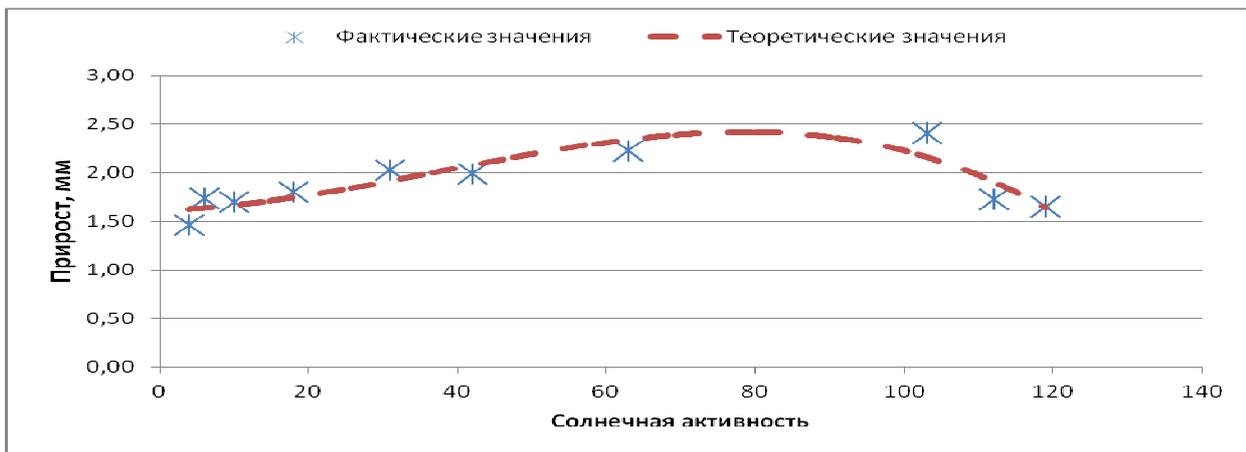


Рис. 2. Влияние солнечной активности на радиальный прирост сосны (звездочки – фактические значения, линия – теоретические значения прироста)

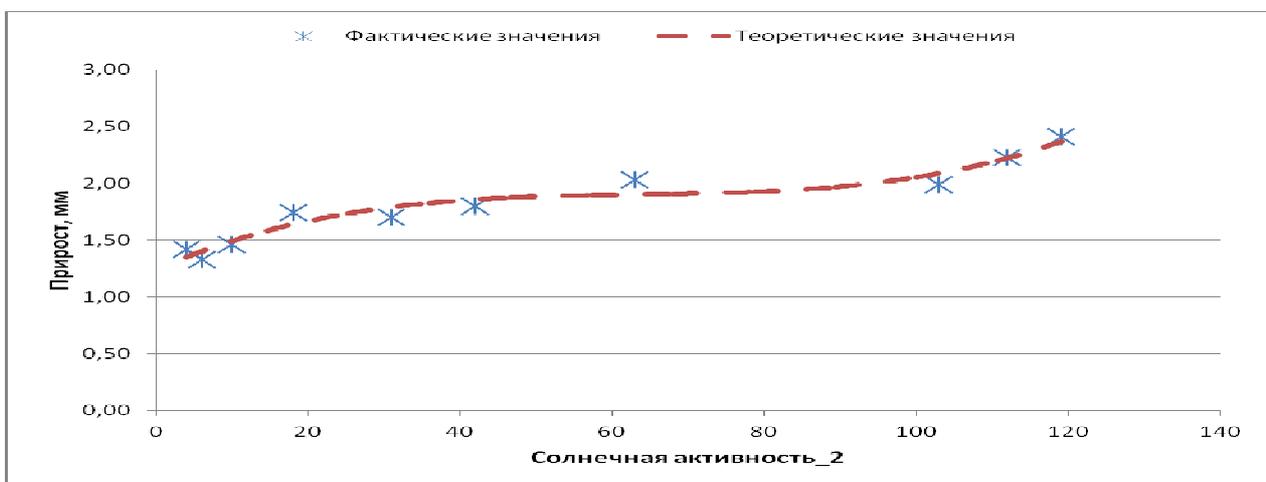


Рис. 3. Влияние солнечной активности спустя два года на радиальный прирост сосны (звездочки – фактические значения, линия – теоретические значения прироста)

На радиальный прирост сосны обыкновенной доказано влияние ГТК августа текущего и следующего года, ГТК июля спустя два года, а также частичное влияние ГТК июня спустя два года (рис. 4, 5, 6), что подтверждается данными Гурского А.А. [7], что относительная влажность воздуха и ГТК в большей мере оказывают влияние на величины индексов радиального прироста сосны обыкновенной.

На рисунках 7 – 10 показана динамика абсолютного радиального прироста сосны обыкновенной за 10, 18, 19 лет. Наиболее точно описывает динамику прироста уравнение регрессии, включающее все независимые переменные табл. 45:  $F(13; 3) = 11,7093$ ;  $p = 0,033$ ;  $R^2 = 0,98$ .

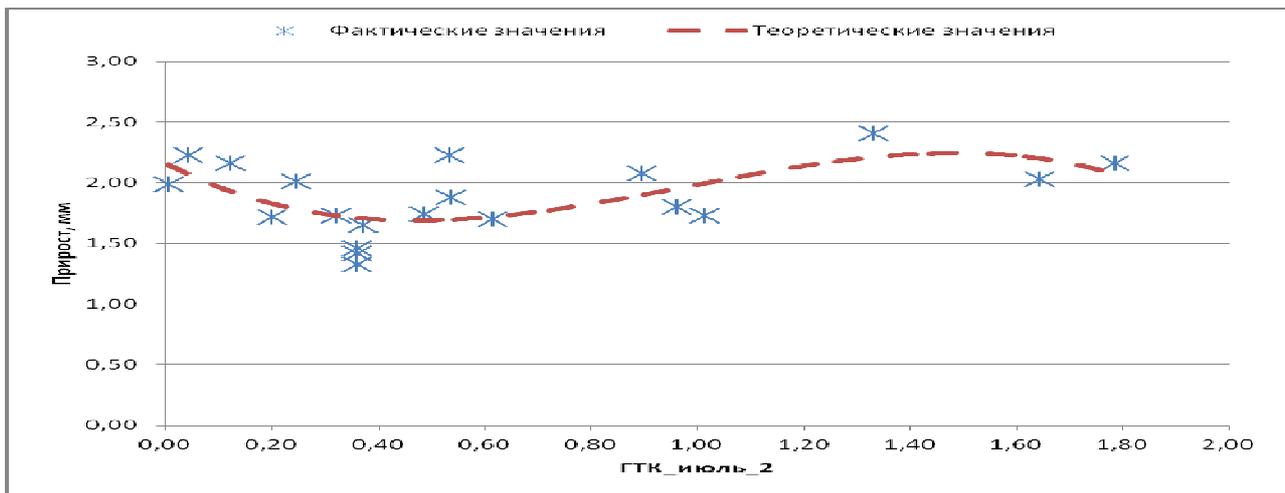


Рис. 4. Влияние ГТК июля на радиальный прирост сосны спустя два года (звездочками показаны фактические значения, линия описывает теоретические значения)

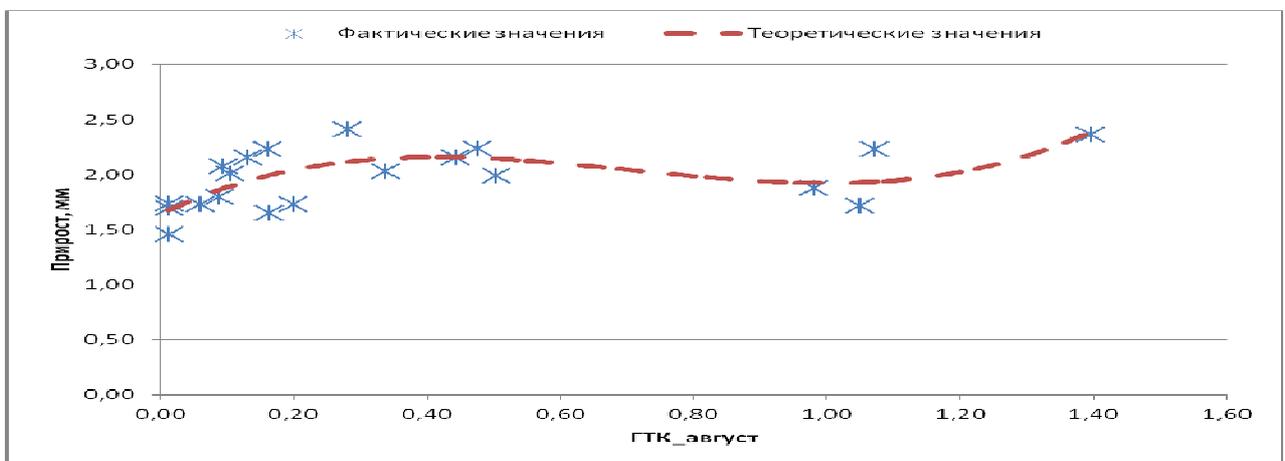


Рис. 5. Влияние ГТК\_VIII на радиальный прирост сосны (звездочки – фактические значения; линия – теоретические значения)

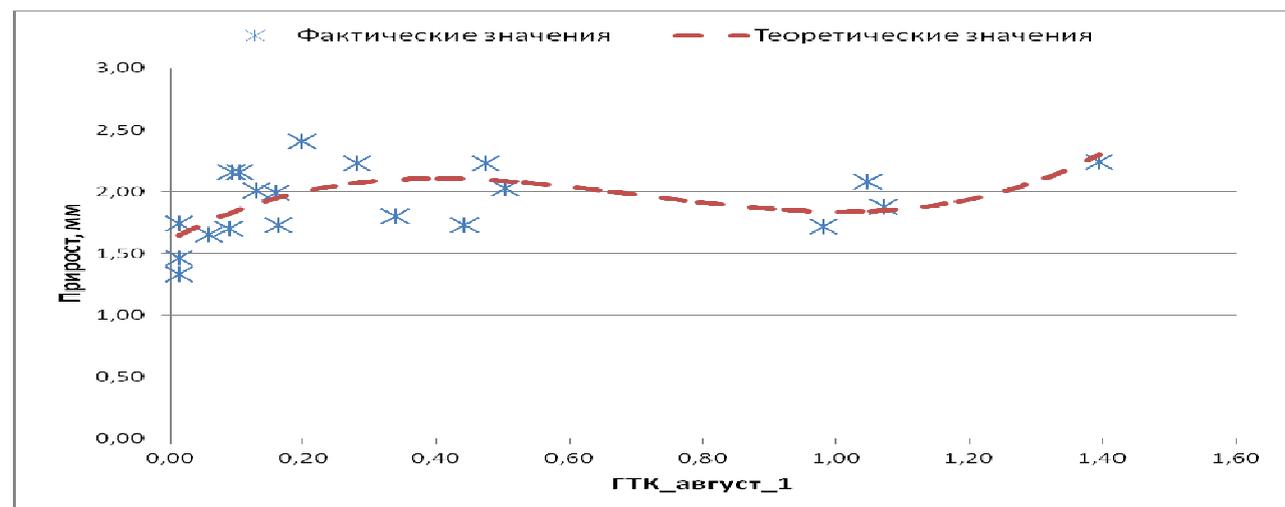


Рис. 6. Влияние ГТК\_август спустя год на радиальный прирост сосны (звездочки – фактические значения; линия – теоретические значения)

В целом, на радиальный прирост сосны отмечено влияние климатических и биотических факторов, которые воздействуют с различной интенсивностью.



Рис. 7. Динамика прироста за 10 лет (теоретические значения получены по уравнению)



Рис. 8. Динамика прироста за 19 лет (теоретические значения получены по уравнению)

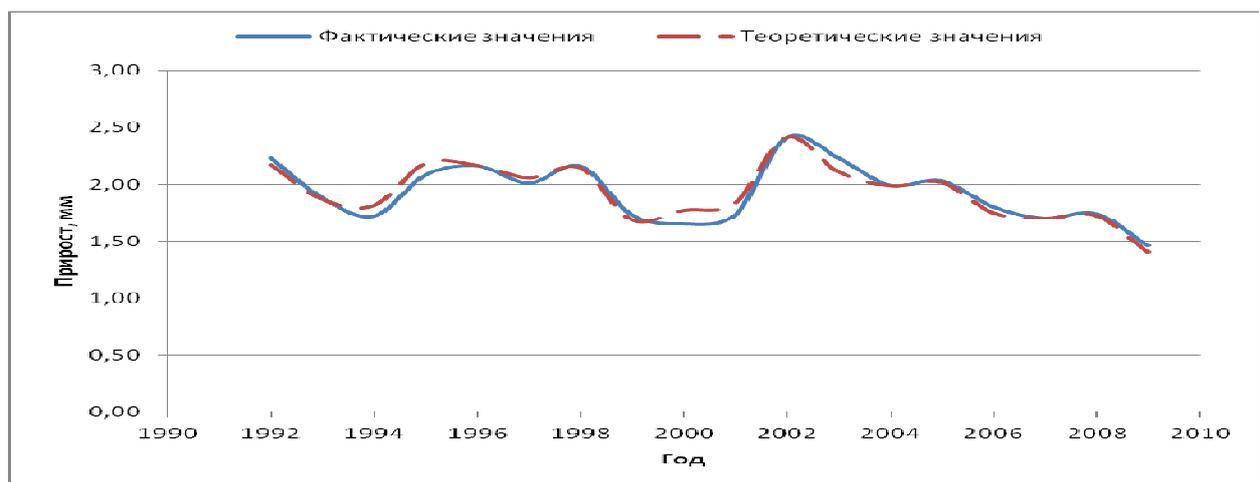


Рис. 9. Динамика прироста за 18 лет (теоретические значения получены по уравнению)



Рис. 10. Динамика прироста за 18 лет (теоретические значения получены по уравнению)

### Список литературы

1. Гурский А.Ак., Гурский А.Ан. Совершенствование методов оценки насаждений и ведения хозяйства в лесах Оренбургской области и Северного Казахстана. – Оренбург: ОГАУ, 2011. – 404 с.
2. Митряйкина А.М. Геоэкологическая оценка влияния гелиоклиматических факторов на радиальный прирост деревьев: автореф. дисс. канд. географ. наук. – Белгород, 2006. – 24 с.
3. Симоненкова В.А. Анализ возникновения и развития вспышек массового размножения основных листогрызущих вредителей / В.А. Симоненкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург, 2011. – № 2. – С. 242 – 244.
4. Симоненкова В.А., Сагидуллин В.Р., Борников А.В. Влияние зоогенной дефолиации на прирост сосны обыкновенной в условиях Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург, 2013. – № 3. – С. 240 – 242.
5. Скомаркова М.В., Ваганов Е.А., Вирт К., Кирдянов А.В. Климатическая обусловленность радиального прироста хвойных и лиственных пород деревьев в подзоне средней тайги Центральной Сибири // География и природные ресурсы. – 2009. - № 2. – С. 80 – 85.
6. Тимофеев А.В. Динамика прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) под влиянием естественных и антропогенных факторов в условиях лесостепного Поволжья: дисс. ...канд. геогр. наук. – СПб., 2003. – 275 с.

### Рецензенты:

Колтунова А.И., д.с.-х.н., профессор, зам. директора института агротехнологий и лесного дела, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург.

Абаимов В.Ф., д.с.-х.н., профессор, кафедра лесоведения, ботаники и физиологии растений, институт агротехнологий и лесного дела, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург.