

УДК 630\*561.24:582.47

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
(*PINUS SYLVESTRIS L.*) В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Р. Т. Шереметов, В. И. Уфимцев*

**ESTIMATION OF TEMPERATURE EFFECT ON THE RADIAL GROWTH OF THE PINE FORESTRY  
(*PINUS SYLVESTRIS L.*) IN TECHNOGENIC INFLUENCE**

*R. T. Sheremetov, V. I. Ufimtsev*

Изучено влияние температуры на радиальный фактор как один из важных экологических факторов, определяющих прирост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) на отвалах угольных предприятий Кузбасса. Проведен анализ корреляционных связей радиального прироста со среднемесячной температурой и суммами положительных температур как вегетационного, так и предшествующего ему осенне-зимнего периода в условиях техногенного воздействия.

This article focuses on temperature effect as one of the important ecological factors defining the growth of the pine forestry (*Pinus sylvestris L.*) coal deposits dumps in Kuzbass. The correlation of a radial growth and average monthly temperature and positive temperatures sums, both in the vegetative period and in the autumn-winter time, has been analyzed in technogenic influence.

**Ключевые слова:** Кузбасс, сосна обыкновенная, годичный прирост.

**Keywords:** Kuzbass, pine forestry, yearly growth.

## Введение

Экологическая роль лесов проявляется в регулирующем эффекте, заключающемся в создании благоприятных условий для жизни человека и нормального функционирования экосистем [7]. В Кемеровской области уровень промышленного производства, основу которого составляет угледобывающая промышленность, достиг в настоящее время своего максимального развития за всю историю существования региона. Одной из главных экологических проблем Кузбасса является наличие значительных площадей нарушенных земель, возникших вследствие добычи полезных ископаемых. Восстановление экологических и хозяйственных функций нарушенных ландшафтов является необходимым условием сохранения качества окружающей среды для безопасного и комфортного проживания населения Кузбасса.

Многолетние исследования нарушенных земель в Кузбассе дали возможность изучить процессы формирования и функционирования техногенных ландшафтов, оценить экологические условия различных экотопов, проследить развитие сукцессионных процессов и разработать рекомендации по проведению рекультивации нарушенных земель [3].

В настоящее время на нарушенных ландшафтах Кузбасса имеются лесонасаждения, достигшие 35-летнего возраста. Биологические особенности растений, входящих в их состав, обусловлены различиями экологии и происхождения.

Для укрепления теоретической и практической базы для масштабных работ по рекультивации необходимо проводить всесторонний экологический мониторинг созданных лесонасаждений. Одним из направлений экологического мониторинга может служить исследование реакции таких фитоценозов на изменения текущих погодных условий, возникающих в результате изменений климата последних десятилетий. Изменения температурного режима и увлажнения создают иные условия, характерные для других природно-климатических и географических районов. Это может существенным образом повлиять на сезонный цикл роста, скорость прохождения фаз и др. и в конечном итоге на продуктивность и устойчивость лесонасаждений.

Исследовать реакцию древесных на современные изменения погодно-климатических условий позволяют молодые сосновые леса, произрастающие на породных отвалах угольных месторождений, которые составляют значительную площадь искусственно созданных лесонасаждений на территории области, около 10 тыс. га. Влияние экологических факторов в условиях техногенного воздействия можно проследить на годовом радиальном приросте как показателе продуктивности сосновых насаждений. Поскольку средняя продолжительность жизни сосны в естественных условиях может достигать нескольких сотен лет, а сосновые лесонасаждения в Кузбассе в основном достигли 20 – 30-летнего возраста, то исследования в этом направлении будут характеризовать ответную реакцию сосны на начальном этапе развития.

В целом сосновые насаждения на рекультивированных отвалах произрастают здоровые и потенциально долговечные, а ухудшения жизненного состояния связаны с антропогенными и технологическими факторами, устранение которых возможно благодаря опти-

мальной организации всех этапов рекультивации, оптимизации схем посадок сосновых культур, защиты созданных насаждений от пожаров [5, с. 33 – 37].

## Исходные данные и методы

В наших исследованиях рассмотрена динамика годового прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Особенности динамики, сходства и различия роста радиального годового кольца сосны обыкновенной изучались на 4-х временных пробных площадях (ВПП) площадью от 0,1 до 0,2 га, расположенных на отвалах угольных разрезов в Кемеровском районе. На каждой пробной площадке проводилась таксация древостоя методом средней модели [1]. Для изучения динамики прироста на каждой пробной площадке проводился отбор радиальных кернов на высоте 1,3 м у 5 модельных деревьев, по два керна от каждого дерева. Затем с помощью бинокля МБС-1 измерялась ширина годовых колец с точностью до 0,1 мм и рассчитывались их индексы по методу В. Е. Рудакова [4, с. 75 – 79]. Определение средних значений годового прироста сосны проводилось за последние 9 лет (с 2000 по 2008 гг.), и их точность определялась с помощью математической статистики (MS Excel® и Statistica 6).

## Результаты

За период с 2000 по 2008 гг. средний прирост сосны обыкновенной на отвалах Кузбасса составил 3,59 мм. Изменчивость толщины годового кольца характерна всем площадкам. В динамике прироста сосны обыкновенной за исследуемый период на отвалах выявлены существенные различия в величине сформированных годовых колец и их тенденции динамики, особенно на отвалах шахты Волкова. На отвалах Черниговского и Кедровского разрезов хорошо выражена устойчивая тенденция снижения прироста.

Динамика прироста сосны обыкновенной за исследуемый период на отвалах различных угольных предприятий различаются, особенно на ВПП № 3. На отвалах Черниговского (ВПП № 1, 2) и ВПП № 4 разрезов хорошо выражена устойчивая тенденция снижения прироста. На ВПП № 3 наблюдается, наоборот, тенденция возрастания прироста. Асимметричная динамика, видимо, объясняется различным возрастом насаждений и сомкнутости крон [6, с. 37 – 38].

Возрастная изменчивость связана с прохождением особыми определенных этапов, на которые накладываются сезонные изменения, обусловленные годовым циклом. Время в значительной мере предопределяет степень воздействия экологических факторов. Теснота связи с метеорологическими факторами зависит от возраста [2]. Различия в возрасте насаждений отражаются в величине разности годового прироста сосен, произрастающих на различных площадках. Оценка сходства и различий толщины годового кольца сосны обыкновенной на отвалах угольных предприятий Кузбасса приводится в таблице 1.

В результате анализа полученных данных выявлено, что на отвалах угольных предприятий Кузбасса наблюдается определенная асимметричность динамики годового прироста сосны. Различия отмечены не только по годам, но и между площадками. Использование критерия достоверности Стьюдента при оценке сходства и различия прироста сосны позволило выявить существенные различия величины сформированных годовых колец у сосен, высаженных на отвалах угольных пред-

приятный Кузбасса. Видимо, десятилетнее различие возраста при прочих равных условиях для молодых сосновых насаждений на отвалах является значимой причи-

ной, вызывающей существенные различия величины годовичного прироста.

Таблица 1

**Сходства и различия толщины годовичного прироста сосны обыкновенной на отвалах угольных предприятий Кузбасса**

Пробные площади	Средняя толщина кольца, мм	Разность средних толщин кольца, мм	Ошибка разности средних толщин кольца, мм	Критерий Стьюдента
№ 2 – № 1	4.03	0.17	0.512	7.87
№ 3 – № 1	2.68	2.82	0.410	6.54
№ 4 – № 1	4.50	0.97	0.511	8.99
№ 2 – № 3	2.59	2.70	0.337	7.70
№ 2 – № 4	4.51	1.14	0.455	9.92
№ 4 – № 3	4.46	3.84	0.336	13.27

**Взаимосвязь радиального прироста сосновых насаждений с температурой воздуха**

При исследовании степени влияния на прирост сосны тепловых условий исходным положением было принято предположение об адекватности действия ресурсов тепла на прирост. Роль тепла во времени изменчива не только в пределах периода вегетации. Поэтому неравноценность их влияния на прирост сосны оценивалась, как за отдельные сроки, так и за весь исследуемый период. Расчеты коэффициентов парной корреляции между индексами прироста и температурой проводились отдельно по месяцам и их суммарными величинами, т. е. с различными формами представления метеорологических параметров: средними, суммарными и индексными.

Как было отмечено выше, ресурсы тепла изменчивы во времени, кроме того, в период вегетации потребности в тепле в процессе роста и развития растений не остаются одинаковыми. Представление о неравноценно-

сти влияния температуры на прирост сосны дает таблица 2.

Наибольшее влияние на текущий прирост сосны в период вегетации оказывает температура мая и августа. Причем влияние температуры мая незначительно, но превышает влияние августа: 32 – 44 % и 23 – 29 % (коэффициент детерминации). Необходимо отметить, что влияние тепла на прирост начинает усиливаться еще в апреле и может продолжаться в июне. Температура предшествующих осенне-зимних месяцев привносят свой вклад в формирование годовичного кольца, отражая условия перезимовки и подготовительного этапа вегетации.

Сравнение полученных результатов указывает на относительно неравнозначное влияние на прирост тепловых ресурсов отдельных месяцев. Осенью наибольшее влияние оказывает октябрь, вклад которого оценивается от 29 до 37 %. Несколько меньшее влияние оказывает февраль, который является одним из самых холодных месяцев зимы – 12 – 31 %.

Таблица 2

**Коэффициенты парной корреляции индексов прироста сосны обыкновенной со средней месячной температурой воздуха и месячными суммами осадков**

Месяц	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
	T	X	T	X	T	X	T	X
IX	0.34	-0.03	0.22	-0.02	0.27	0.12	0.27	0.07
X	-0.61	0.03	-0.56	-0.06	-0.59	-0.14	-0.54	-0.08
XI	-0.38	-0.05	-0.39	-0.10	-0.44	-0.04	-0.59	0.22
XII	-0.42	0.13	-0.34	0.20	-0.36	0.02	-0.40	0.09
I	0.26	0.52	0.32	0.42	0.25	0.31	0.01	0.29
II	0.53	-0.14	0.51	0.03	0.56	0.02	0.34	-0.04
III	0.28	0.54	0.23	0.67	0.09	0.59	0.22	0.50
IV	-0.48	-0.37	-0.40	-0.15	-0.49	-0.14	-0.51	-0.10
V	0.57	0.25	0.66	0.12	0.66	0.12	0.60	0.22
VI	0.58	0.13	0.47	0.02	0.59	0.08	0.64	0.07
VII	0.18	-0.38	0.23	-0.54	0.11	-0.51	-0.07	-0.61
VIII	0.51	-0.26	0.54	-0.36	0.46	-0.36	0.48	-0.18

**Коэффициенты парной корреляции индексов прироста сосны обыкновенной с нарастающей средней месячной температурой воздуха и суммами осадков**

Месяц	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
	T	X	T	X	T	X	T	X
IX-X	-0.60	-0.01	-0.57	-0.11	-0.58	0.03	-0.51	0.03
IX-XI	-0.53	-0.04	-0.52	-0.11	-0.57	-0.01	-0.66	0.16
IX-XII	-0.75	0.09	-0.68	0.09	-0.74	0.01	-0.84	0.26
IX-I	-0.26	0.34	-0.18	0.29	-0.26	0.17	-0.47	0.37
IX-II	-0.01	0.28	0.05	0.32	0.00	0.19	-0.26	0.37
IX-III	0.05	0.54	0.10	0.65	0.02	0.49	-0.21	0.60
IX-IV	-0.05	0.35	0.01	0.54	-0.07	0.39	-0.29	0.51
IX-V	0.04	0.37	0.11	0.41	0.02	0.32	-0.20	0.46
IX-VI	0.13	0.41	0.19	0.37	0.11	0.33	-0.12	0.36
IX-VII	0.15	0.17	0.20	0.07	0.12	0.04	-0.11	0.03
IX-VIII	0.19	0.06	0.25	-0.09	0.15	-0.13	-0.07	-0.05

Исходя из того обстоятельства, что прирост определяется не только теплом отдельных месяцев, но и их совокупным влиянием, были проанализированы коэффициенты парной корреляции с нарастающими суммами средних месячных температур воздуха с сентября предшествующего года по август текущего (табл. 3).

Наибольшее влияние на прирост сосны оказывает суммарное влияние периода с сентября по декабрь включительно, т. е. температурный режим осени и начала зимы. Доля влияния на будущий прирост сосны этого этапа оценивается от 46 до 71 %, что в целом соизмеримо с влиянием августа-сентября.

Определенный интерес представляет вопрос о совокупном влиянии текущего и предшествовавшего месяца. Ресурсы тепла в период вегетации изменчивы, кроме того, потребности сосны в тепле в процессе роста также не остаются постоянными. Оценка суммарного теплового влияния текущего и предыдущего месяца в теплое время года представлена в таблице 4.

Таблица 4

**Коэффициенты парной корреляции индексов прироста сосны обыкновенной с суммой средней температуры воздуха текущего и прошедшего месяца**

Месяц	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
V+IV	0.20	0.20	0.14	0.20
VI+V	0.46	0.65	0.58	0.45
VII+VI	0.11	0.03	0.19	0.01
VIII+VII	0.26	0.06	0.27	0.12
IX+VIII	0.73	0.67	0.72	0.69

Максимальное влияние на прирост сосны оказывают суммарные тепловые ресурсы августа и сентября, в меньшей степени – мая и июня. Доля этого влияния мая и июня составляет 20 – 45 %, а последних месяцев теплого периода – августа и сентября – оценивается от 45 до 53 %.

Сумма положительных температур характеризует тепловые условия текущего времени и выражает тепловые ресурсы, обусловленные радиационным и тепловым балансом территории. Распределение температуры летом вследствие влияния подстилающей поверхности и условий рельефа в регионе отличается от зонального. В период вегетации тепловые ресурсы мая обеспечивают от 11 до 25 % годового прироста сосны. Однако основную долю прироста определяют тепловые ресурсы августа – от 40 до 45 %. Необходимо отметить, что теснота связи сумм положительных температур августа ниже, чем совокупного влияния величины средних температур августа и сентября (табл. 5).

Таблица 5

**Коэффициенты парной корреляции индексов прироста сосны обыкновенной с суммой положительных температур воздуха**

Месяц	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
V	0.41	0.50	0.44	0.33
VI	0.21	0.39	0.36	0.30
VII	0.01	-0.19	0.03	-0.12
VIII	0.64	0.64	0.67	0.63
V – VIII	0.50	0.43	0.59	0.37

**Выводы**

1. Вклад тепловых условий в годичный прирост сосны обыкновенной на отдельных этапах осенне-зимнего и вегетационного периодов не равноценный. Существенные различия проявляются по температуре и между исследованными площадками.

2. Наибольшее значение в осенне-зимний этап имеют температурные условия октября, когда средняя месячная температура колеблется от 5 до 0°С (в среднем 33 %).

3. В зимнее время наибольшее влияние оказывает температура февраля, который часто бывает самым холодным месяцем в году (22 %). В целом наиболее су-

щественным для динамики годичного прироста имеют температурный режим осени и начала зимы (59 %).

4. Исследования влияния температурных условий текущего и предшествующего месяцев осенне-зимнего времени значимых корреляционных связей с приростом не выявили.

5. Значение термических условий отдельных этапов вегетационного периода для годичного прироста существенно различается. Наибольшее значение для прироста имеет температура мая (38 %) и августа (26 %). Существенного влияния температуры июня и июля, а также суммарного вклада температуры за период с мая по август не выявлено. Значимый вклад в прирост со-

сны вносит суммарная величина средних температур мая и июня (31 %) и еще больший – августа и сентября (49 %).

6. Оценка тесноты связи годичного прироста с суммой положительных температур показала, что влияние тепловых ресурсов августа (43 %) более чем в два раза превышает влияние мая (18 %).

7. Выявленные особенности связи основных термических параметров на динамику годичного прироста сосны обыкновенной на отвалах угольных предприятий Кузбасса могут быть использованы при планировании и проведении фитомелиорации нарушенных ландшафтов.

### Литература

1. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 512 с.
2. Баранник, Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации / Л. П. Баранник. – Новосибирск: Наука, 1988. – 89 с.
3. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. А. Манаков, Л. П. Баранник; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т экологии человека. – Новосибирск: Гео, 2010. – 160 с.
4. Рудаков, В. Е. Методы изучения колебаний климата на толщину годичных колец // Доклады АН АРМССР, 1981.
5. Уфимцев, В. И. Состояние сосновых насаждений на рекультивированных отвалах Кузбасса / В. И. Уфимцев // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий: сборник научных трудов Кемеровского отделения РБО; под ред. А. Н. Куприянова; КемГУ, КРЭОО «Ирбис». – Вып. 7. – Кемерово, 2011
6. Уфимцев, В. И. Особенности динамики годичного прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах угольных предприятий Кузбасса / В. И. Уфимцев, Р. Т. Шереметов // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий: сборник научных трудов Кемеровского отделения РБО; под ред. А. Н. Куприянова; КемГУ, КРЭОО «Ирбис». – Кемерово, 2011. – Вып. 7.
7. Экологическое состояние лесов Кузбасса / Л. П. Баранник, В. П. Николайченко, А. Ф. Сагалаев и др. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2005. – 135 с.

### Информация об авторах:

**Шереметов Рашид Туракулович** – кандидат географических наук, научный сотрудник отдела ИЭЧ СО РАН, 8(384-2) 51-50-38, [rashit-sheremetov@rambltr.ru](mailto:rashit-sheremetov@rambltr.ru).

**Sheremetov Rashit Turakulovich** – Candidate of Geography, researcher at the Institute of Human Ecology of the Siberian Branch of the RAS.

**Уфимцев Владимир Иванович** – аспирант, ведущий инженер-технолог ИЭЧ СО РАН, 8-905-965-05-67, [uwy2079@gmail.com](mailto:uwy2079@gmail.com).

**Ufimtsev Vladimir Ivanovich** – post-graduate student, senior engineer at the Institute of Human Ecology of the Siberian Branch of the RAS.