

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ГОДИЧНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА БЕРЕГАХ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

А.Е. Кухта, вед. науч. сотр. Института глобального климата Росгидромета и РАН, канд. биол. наука

anna\_koukhta@mail.ru

Процесс роста растений существует, завися от внешнего освещения, окружающей среду, определяемую в том числе климатическими условиями. В частности, в литературе отмечалась тесная зависимость роста побегов, корней, фотосинтеза и продукции от температуры и количества доступной влаги [4; 12; 13; 16; 17; 23]. Вместе с тем связь характеристик роста древесных растений и результатов метеорологических исследований в настоящее время изучены недо-

статочно.

Целью данной работы являлся поиск и анализ зависимостей прироста подроста сосны обыкновенной температуры и перемен в текущем и предыдущем повороте, а также определение климатических факторов, наиболее важных для формирования прироста сосны берегов Кандалакшского залива Белого моря (Мурманская область). Мурманская область находится в Атлантико-Арктической климатической

области умеренного пояса, ее климат морской, смещающийся в пределах широты.

под воздействием теплого Мурманского явления. Это зона избыточного увлажнения [7, 24].

Побережье и острова Кандалакшского залива покидают Кольско-Печорскую подпровинцию Евроазиатской таежной области, в Североевропейской флористической провинции, на стыке трех флористических районов: Имандровского, Варзугского и То-позерского [Раменская, 1983, цит. по 24]. Преобладающим типом растительности островов и прибрежного залива являются северо-таежные леса [7, 24]. Исследования прохождения на территории острова Великий Кандалакшского заповедника (окрестности

кордона Городецкой) в сентябре-ябре 2000 г. и мыса Киндо комплексного заказника «Полярный круг» (окрестности Беломорской биологической станции МГУ) в сентябре 2007 г. (рис. 1). Объектом измерений служил подрост сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Измерения проводились по методике, частично представленной в [9, 10].



Рис. 1. Карта-схема местности исследований (территория Кандалакшского государственного природного заповедника и комплексного заказника «Полярный круг» ) (<http://www.wsbs-msu.ru/maps/okrest1.gif>)

Показателем отклика приростов сосны на климатические факторы в нашем исследовании является степень изменчивости хода роста. Этот показатель характеризовался рядом индексов прироста, которые получили удаление возрастного тренда. Эта процедура включает в себя изменение значения прироста каждого года на скользящую среднюю по 5 годам.

Поиск зависимостей рядов индексов прироста и метеорологических методов осуществлялся с помощью корреляционного анализа. Внешние корреляционные связи лучше всего способствуют изменению этой степени, в которой межгодовые колебания рядов индексов прироста объясняются межгодовыми переменными метеорологическими методами, т.е. переход уровня климатической обусловленности межгодовых колебаний прироста.

Климатические факторы характеризуются значениями метеорологических аномалий среднемесячных температур и месячных сумм градиентов, т.е. отклонениями от среднего значения базового периода [2, 3]. Для учета климатической изменчивости хода роста были наблюдались метеорологические аномалии марта, апреля, мая, июня, июля, августа, сентября, обычных и текущих годов. Вовлечение в анализ метеорологических показателей предшествующего года необходимо, поскольку для при-

росте текущего года важны размер и качество почвы, заложенной в предыдущем году, а также количество хвои прошлых лет, осуществляющая донорские функции во взгляде на рассматриваемое побегу [21, 23]. С биоценотической точки зрения в районе исследований,

изобилующие скальными выходами, лощинами, котловинами, характерным многообразием местообитаний. Наличие низины в избыточном увлажнении создает благоприятные условия для заболачивания (влажные места обитания). В то же время возвышенные части рельефа нередко испытывают дефицит влаги (сухие места обитания), тонкий слой рыхлых отложений, покрывающий коренные скальные породы, не может задерживать стока колебаний в низины [7].

Измерения приняты в новых, сухих и влажных биотопах изучаемых территорий. Всего было объединено 175 кв. Ниже приведены описания характерных для берегов биотопов Кандалакшского залива.

Сухие биотопы. Наиболее типичным представителем данного вида местообитаний является сосняк скальный. Он распространен на почти лишенных почвенного покрова выходах горных пород. Сходным типом леса покрыты верхние части хорошо дренированных всхолмлений и гряд ледникового происхожде-

ния, а также древние наносные морские терра-сы. Напочвенный покров здесь учитывает преимущественно ягельные лишайники, в связи с чем такие боры называют белыми.

Свежие биотопы. Ровные возвышенности-

Плато и верхние части склонов представлены в основном сосняки-брусничниками, средние и нижние части склонов – сосняки-черничники. Под пологом леса расположены кустарнички – брусника, черника, вороника. Почва спрятана под сплошным покровом зеленых мхов-мезофитов, родственных в основном роду плевроциум, гилокомиум и дикранум.

Влажные биотопы. В самом уязвимом положении края склонов, в межрядовых понижениях, по окраинам болот и озер, т.е. в местах с избыточным увлажнением преобладают мхи-гигрофиты, преимущественно сфагновые. В условиях избыточного, но еще не застойного увлажнения сфагновые мхи имеют влажные понижения в микрорельефе, а на кочках проявляются зеленые мхи и кустарнички – багульник, голубика, черника, меньше – брусника и вороника. По мере приближения к заболоченным участкам сфагновые мхи все выше поднимаются по бокам кочек и наконец заселяют их руководство. Таким образом выводится количество ягодных кустарничков и в покрове типичные болотные виды – морошка, клюква, сабельник, вахта, разнообраз-ные осоки [7].

К влажным биотопам мы переносим и скальные места обитания, образованные мел-кими глубинами рельефа, в пост-тоянно аккумулируется атмосферная влага, не имеющая стока из-за непроницаемости подстилающей поверхности. В таких микс-родомах разработана болотная растительность – сфагнум, мир болотный и прочее. полученные ценозы, хотя и расположенные на выходе скальных пород в предложении места обитания, по сути, конечно, следует классифицировать как влажные.

Для решения поставленных задач прежде всего необходимо было выяснить, наконец сходны древостои о. Великого и Мыса Киндо по характеру изменчивости хода роста. Для этого был проведен корреляционный анализ осредненных рядов ин-дексов прироста для двух изучаемых территорий-

тории. Полученный коэффициент корреляции R оказался равным 0,496, т.е. была обнаружена значимая положительная корреляция по уровням неопределённости 0,90 [1]. Данный результат графически отражен на рис. 2. Из представленных материалов следу-

ет, что ряды индексов прироста древостоев о. Великого и Мыса Киндо очень сходны друг с другом. Очевидно, что 50 % заключения ходов роста сосняков двух берегов Кандалакшского залива проходит почти

полным Рождеством климатических и ценоти-ческие условия их произрастания. определяются же объясняются, вероятно, возникновение ло-кальных факторов, обусловленных структурой рельефа местности (например, микроклима-тические и почвенные характеристики, усло-вия корневой конкуренции, параметров инсо-ляции и поверхностного стока и т.д.). Таким образом, можно интерпретировать-

строить подрост сосны двух берегов Кандалакшского залива как структурные элементы сложного биогеоценоза. Для решения поставленных в нашем исследовании задач мы концентрируем усилия на поиске общих закономерностей данных территорий, учитывая, что именно они характеризуют приверженность древосто-ев изучаемой территории с климатической системой. Такой подход позволит отделить маскирующий принцип «шум» , причиной которого являются разнообразные локальные воздействия и проявления.

иские отклики.

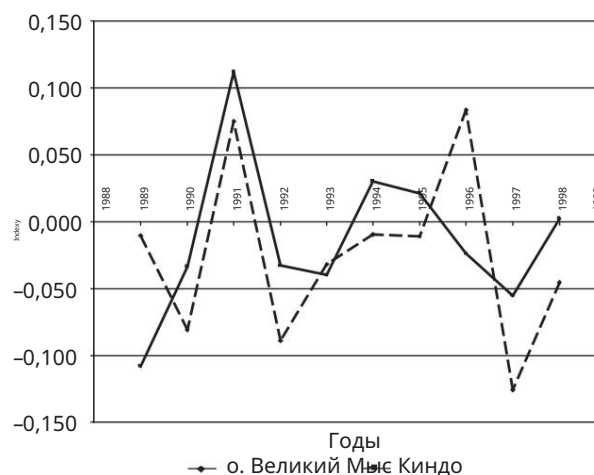


Рис. 2. Осредненные ряды индексов приростов древостоев о. Великий и Мыса Киндо

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты соотносят между рядами индексов линейного прироста и аномалиями метеорологических показателей влажных биотопов на мысе Киндо.

Месяц	Температура		Осадки	
	год в год	год-1	год в год	год-1
март	0,474 –	0,154	0,071	0,122
апрель	0,093 –	0,160	0,162	0,070
Май	0,011	0,078	0,135	–0,432
июнь	0,323 –	0,346	–0,686	–0,314
июль	0,034 –	–0,103	–0,415	0,027
август	0,014	0,348	–0,313	–0,077
сентябрь	–0,114	октябрь	0,046	0,317
–0,118			0,029	–0,061
				–0,013

Примечание: здесь и далее «год-1» означает состояние соответствия года.

Влажные биотопы. Результаты корреляционного анализа рядов индексов приростов и метеорологических показателей представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, значимая положительная динамика отмечена для температуры марта текущего года ( $R = 0,474$ ). Значимые отрицательные результаты обнаружения для июня и июля текущего года:  $R = -0,686$  и  $R = -0,415$  соответственно. Осадка мая прошлого года также повлияла на отрицательную корреляцию с рядом индексов прироста ( $R = -0,432$ ). Полученные результаты согласуются с данными литературы [8, 14, 23].

Положительная корреляция

рядов индексов прироста и аномалий температурного графика текущего года держится тем, что в начале вегетационного сезона дерево необходимо достаточное количество тепла для запуска процессов роста и развития вегетативных органов. Отмечены отрицательные зависимости рядов индексов прироста от рядов аномалий перемен в современном году (фенофазы роста междоузлий и

формирования почек возобновлений). Данное явление легко объяснимо: рост побегов обеспечивается таким негативным образом, как избыток влажности окружающей среды обитания. Отрицательная зависимость снаружи и для фенофазы роста междоузлий предыдущего года. Известно, что размер линейного

прироста у сосны в большой степени определяется состоянием растительности в течение года, а состояние текущего года может лишь задержаться или ускорить рост [21, 23]. Следовательно, фактор, негативно воздействующий на рост междоузлий, сдерживает развитие побегов в следующем году. Таким негативным признаком влажных мест обитания, судя по результатам корреляционного анализа, является избыток влаги.

Свежие биотопы. Результаты корреляционного анализа рядов индексов прироста для свежих биотопов представлено в табл. 2.

Судя по результатам, представленным в табл. 2, свежие биотопы о. Великого характеризуются событиями положительной корреляции рядов индексов прироста и аномалий температуры текущего года ( $R = 0,333$ ). Для данных местообитаний характерна отрицательная зависимость рядов индексов от последствий августа ( $R = -0,325$ ). На территории мыса Киндо в новых биотопах отмечена отрицательная корреляция с аномалиями колебаний июня и июля текущего года ( $R = -0,390$  и  $R = -0,414$  соответственно).

Причина зрительного несходства в срабатываниях приростов двух исследуемых территорий, температур вегетационного сезона, вероятностей, характерных локальных температурных режимов (что характерно для районов со скальными выходами и многообразием местообитаний). Для выражения отрицательная

Взаимосвязь между рядами индексов прироста и аномалий июня-августа обнаружена в период окончания линейного роста междоузлия и формирования почки возобновления. Следует отметить, что аномалии перехода к вегетационному сезону, по-видимому, не способствуют колебанию хода роста сосны. Данный результат свидетельствует о достаточном увлажнении свежих биотопов региона. Сухие биотопы. Для определения возможных взаимосвязей параметров роста и погодных факторов

влияния биотопов на соответствующие территории также был проведен корреляционный анализ. Его результаты представлены в табл. 3.

## ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС И СТРУКТУРА ДЕРЕВЬЕВ, ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВОСТОЕВ

Таблица 2

Коэффициенты соотносятся между рядами индексов линейного прироста и аномалиями метеорологических показателей свежих биотопов на мысе Киндо и на о. Великий

Месяц	о. Великий				мыс Киндо			
	Температура		Осадки		Температура		Осадки	
	год в год	год-1	год в год	год-1 –	год в год	год-1	год в год	год-1
март	-0,224	0,286	-0,194	0,060 –	-0,401	0,191	-0,313	0,213
апрель	0,333	-0,201	0,069	0,156	0,042	0,145	-0,092	-0,002
май	0,067	0,063	0,145	0,068	-0,147	-0,320	0,120	-0,164
июнь	0,305	0,104	0,118	-0,291	0,206	0,027	-0,390	-0,215
июль	-0,024	0,272	-0,155	-0,005	0,049	-0,116	-0,414	-0,013
август	-0,109	0,011	-0,325	0,091	-0,055	-0,126	-0,105	-0,134
сентябрь	-0,305	0,183	-0,166	0,001	-0,137	-0,267	0,241	-0,019
октябрь	0,263	-0,096	0,072	0,209	0,431	0,398	0,013	-0,145

Таблица 3

Коэффициенты соотносят между рядами индексов линейного прироста и аномалиями метеорологических показателей биотопов на мысе Киндо и на о. Великий

Месяц	о. Великий				мыс Киндо			
	Температура		Осадки		Температура		Осадки	
	год в год	год-1	год в год	год-1	год в год	год-1	год в год	год-1
март	-0,068	0,135	-0,491	0,276	-0,555	0,193	-0,162	-0,047
апрель	0,122	0,154	0,081	0,279	0,177	0,287	0,065	0,367
май	0,304	-0,058	-0,390	0,417	-0,115	-0,144	-0,005	-0,063
июнь	-0,114	0,105	-0,350	0,291	-0,008	0,090	0,243	-0,142
июль	-0,485	0,127	0,184	-0,008	-0,067	-0,010	-0,207	-0,342
август	-0,184	-0,341	-0,158	-0,262	-0,031	-0,141	-0,177	-0,019
сентябрь	-0,069	0,077	-0,042	0,247	-0,179	-0,030	0,056	-0,094
октябрь	0,106	0,216	0,063	0,289	0,295	-0,125	0,187	0,000

Ряд индексов прироста подтверждает биотопов на о. Великие находят отрицательную корреляцию со среднемесячными температурами июля текущего года ( $R = -0,485$ ) и августа прошлого года ( $R = -0,341$ ). Наблюдается отрицательная корреляция с аномалиями трендов марта ( $R = -0,491$ ), мая ( $R = -0,390$ ) и июня ( $R = -0,350$ ) текущего года. При этом

отмечена положительная связь с осадками мая запаса года ( $R = 0,417$ ).

Для древостоев мыса Киндо найдены следующие правила. Существует значимая отрицательная зависимость динамики роста и температуры текущего года ( $R = -0,555$ ). Осадки текущего года, судя по значениям коэффициентов корреляции, не дает существенного значения в определении характера формирования ежегодного прироста. Значимая положительная корреляция, выявленная на апрельский год ( $R = 0,367$ ).

Специфические условия биотопов заключаются в том, что повышение температуры влечет за собой увеличение дефицита влаги. Обнаружена отрицательная зависимость аномалий температуры и индексов прироста фазы роста междуоз-лий (текущего года) и формирования почки восстановления (текущего и продолжительного года соответственно). Наличие отрицательных

зависимостей индексов прироста и аномалий показателей июня, июля и августа текущего года остается неясным. В условиях дефицита влаги, пополняемой практически только атмосферными осадками, ожидается, что будут получены высокие значения и будут получены корреляции коэффициентов. Однако следует иметь в виду, что условия приготовления биотопов здесь исключительно специфичны, что при исследованиях мы прогнозируем максимально парадоксальные эффекты. Вероятность, при выпадении изменений происходит срыв питательных веществ по

наклонной практичной поверхности. Следствием этого и является угнетение роста междоузлий, что отражается в полученных результатах.

Количество влаги, доступной растительности берегов Кандалакшского залива, определяемое атмосферными осадками. Таким образом, дефицит дефицита является стрессом для древостоев в любой из фаз вегетативного сезона. Успешное прохождение де-ревом фазы позеленения и роста годичных побегов в различной степени влияет на качество закладки возобновившихся почек.

ления, что, в свою очередь, определит рост междоузлий в следующем вегетационном сезоне. Этим, очевидным и объясняются основные корреляции рядов индексов прироста и аномалий динамики апреля и мая предыдущего года. Проведенные на

территории о. Ве-ликий Кандалакшского заповедника и на мысе Киндо (комплексный заказник «Полярный круг» )

исследование не имеет сходного значения для всех древостоев сработал приростов подрост сосны температуры. Судя по полученным результатам, определяющими по характеру зависимости прироста от температуры являются различные локальные (в т.ч. микроклиматические) факторы. Зависимость устойчивости линейного прироста

от колебаний метеорологических элементов в последних биотопах берегов Канда-лакшского залива, спектром характеристики различных по знакам и средним параметрам. Здесь велика роль «шума» , определяющего локальные причины и маскирующего исследуемые нами связи. Очевидно, что почвенная влага не является в новых местах обитания лимитирующим приростом.

Более выражена связь между волнениями прироста и колебаниями метеорологических элементов в соединениях и во влажных биотопах. Во всех рассматриваемых местах-обитаниях зависимость носит временный характер – значимая отрицательная реакция на водный стресс (вызываемый повышенными температурами) для условий биотопов и значимая отрицательная реакция на избыточное атмосферное увлажнение – для влаж-

ных. Условия существования подрост сосны, как в сфагновых болотах, так и на скальных обнажениях берегов залива являются критическими – во-первых, из-за переизбытка влаги, во-вторых – из-за ее нехватки. Именно в биотопах с крайними условиями – на границах возможности свечения сосны – мы можем выделить на фоне «шума» наиболее важные для роста древостоев факторы и определить степень их появления. Таким образом, обеспечением древних условий и влажных мест обитания берегов Кандалакшского залива являются атмосферные осадки (их недостаточно и избыток соответственно).

Автор приносит благодарность вед. н. с. ИГКЭ, д.ф.-м.н. Э.Я. Раньковой, а также доценту МГУЛ к.б.н. Д.Е. Румянцеву за предоставленные данные, консультации и плодотворные материалы для обсуждения.

#### Библиографический список

1. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука. – 1983. – 415 с.
2. Будыко, М.И. Изменения климата / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
3. Груза, Г.В. Колебания и изменение климата на территории России / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – Т.39. – 2003. – № 2. – С. 166–185.
4. Елагин, И.Н. Времена года в лесах России / И.Н. Елагин. – Новосибирск: Наука, 1994. – 271 с. 5. Елагин, И.Н. Сезонное развитие сосняков евро-пейской части СССР и Сибири / И.Н. Елагин // Фенология, 1969. – Вып. 1(3). – С. 7–9.
6. Елагин, И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов / И.Н. Елагин. – Новосибирск: Наука, 1976. – 227 с.
7. Заповедники СССР. Заповедники часов-ти РСФСР. – М.: Мысль, 1988. – 287 с.
8. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений / Ф.М. Куперман. – М.: Высшая школа, 1977. – 288 с.
9. Кухта, А.Е. Линейный прирост деревьев как индикатор состояния окружающей среды / А.Е. Кухта // Сибирский экологический журнал, 2003. – № 6. – С. 767–771.
10. Кухта, А.Е. Метод линейного прироста ювенильных древесных растений и его роль в развитии крупномасштабных изменений состояния природной среды и климата / А.Е. Кухта, С.М. Семенов // Проблемы экологического Диптихма и моделирования экосистем. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. – Т. XVIII. – С. 167–192.
11. Кухта, А.Е. Воздействие атмосферного загрязнения на растительность на территории Европы / А.Е. Кухта, Б.А. Кухта, А.А. Рудкова и др. // Обзор загрязнений природной среды РФ за 1999 г. Фе-



## ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС И СТРУКТУРА ДЕРЕВЬЕВ, ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВОСТОЕВ

---

- Деральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – М., 2000. – С. 42–45.
12. Минин, А.А. Корреляционные связи некоторых фенологических тенденций / А.А. Минин, С.М. Гор-бунов. – Известия РГО, 1995. – Т. 127. – Вып. 1. – С. 82–86.
  13. Минин, А.А. Климат на продукцию лесных сообществ / А.А. Минин, В.Н. Козин, В.Д. Со-бакинских. – М.: Известия РАН, сер. Геогр., 1993. – № 1. – С. 96–100.
  14. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Поле-вой. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
  15. Семенов, С.М. Тропосферный озон и рост роста в Европе / С.М. Семенов, И.М. Кунина, Б.А. Кухта. – М.: Метеорология и гидрология, 1999. – 208 с.
  16. Синнот, Э. Морфогенез растений / Э. Синнот. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 603 с.
  17. Цельникер, Ю.Л. Географические аспекты фото-синтеза в лесных лесах России / Ю.Л. Цельни-кер, И.С. Малкина, Н.А. Завельская // Проблемы экологического Диптихма и моделирования экосистем. – СПб.: Гидрометеоииздат, 2002. – Т. XVIII. – С. 81–109.
  18. Андерссон Б. Дефолиация хвойных деревьев. Оценки 1984–1987 гг. // Национальный совет Швеции по охране окружающей среды. Лаборатория качества окружающей среды. Уппсала, 1988. 28 стр.
  19. Влияние изменения климата, адаптация и смягчение последствий изменения климата. Научно-технический анализ. Вклад Рабочей группы II во Второй оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. (редакторы Уотсон и др.). Cambridge University Press, 1995. 1996. 879 стр.
  20. Изменение климата. Научная основа. Вклад Рабочей группы I в Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. (Hughton J T и др., редакторы). Cambridge University Press, Неправильный год для SAR WG2, 2001. 2001.881 стр.
  21. Гавриков В.Л., Карлин И.В. Динамическая модель терминального роста дерева // Can. J. F or. res., т. 23, 1993., с. 326–329.
  22. Холтен, Дж.И. и Кэри, П.Д. Реакция на изменение климата на естественные наземные экосистемы в Норвегии. Норский институт природы. 1992.59 стр.
  23. Козловски Т.Т., Палларди С.Г. Контроль роста древесных растений. Academic Press. 1997. 644 стр.
  24. <http://oopt.info/index.php?page=1>
  25. <http://www.wsbs-msu.ru/maps/okrest1.gif>