

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ*

С.В. Видякина

Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова

26 декабря 2003 г.

Рассматриваются вопросы создания обобщенной оценочной модели изменения лесных экосистем, сочетающих компоненты окружающей природной среды (литосфера – атмосфера – биосфера) для района Белого моря. Правильность расчетов оценивается путем сравнения с данными наблюдений.

1. Характеристика исходных материалов

Для исследования влияния климатических факторов на изменчивость годового прироста сосны в районе Белого моря использованы годовые индексы прироста 15 дендрошкал (Видякина, Беленович, 2001). Статистический анализ индексов годового прироста 15 дендрошкал показывает, что различий в значениях стандартного отклонения, полученных для сосны в разных типах леса, между древесно-кольцевыми хронологиями не наблюдается, и шкалы обладают высокой изменчивостью (таб. 1).

В исследование включены, помимо годового индекса прироста, данные фенологических наблюдений за деревьями, индекс северо-атлантического колебания и средние для каждого месяца, сезона и гидрологического года (сентябрь – август) по метеорологическим величинам: атмосферное давление, атмосферные осадки, температура воздуха, данные архивов Гидрометцентров Мурманска и Архангельска. При обработке использовались программы Mathcad 7.0 PRO, SER.

2. Моделирование многолетних изменений исходных характеристик

Многолетние линейные тенденции дат наступления фенологических явлений служат важными индикаторами происходящих в природе изменений. В работах (Минин, 2000; Vidyakina et al, 2003) проведен анализ временных и пространственных закономерностей изменчивости дат наступления фенологических явлений: разворачивание первых листьев и окончание листопада у березы повислой (*Betula pendula* Roth.), зацветание черемухи обыкновенной (*Radus avium* Mill.), зацветание рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). Для Европейского Севера России за период с 1966 по 1995 гг. выявлена, во-первых, согласованность состояния биотических компонентов с происходящим потеплением климата, во-вторых, установлены более ранние весенние и поздние осенние сроки, в-третьих, возрастание

*ФЦП «Интеграция», №И0842

Таблица 1. Статистические показатели древесно-кольцевых хронологий

| № хронологии | Тип леса | Тип условий местообитания по влагообеспеченности (Сукачев, 1961) | Количество модельных деревьев | Среднее | Стандартная ошибка | Автор шкалы |
|--------------|-------------------------|--|-------------------------------|---------|--------------------|---------------------------------|
| 1. | Черничник | Нормальные | 14 | 98,5 | 11,2 | В.М.Барзут |
| 2. | Черничник | Нормальные | 20 | 99,2 | 14,9 | В.М.Барзут |
| 3. | Бруснично-черничный | Нормальные | 61 | 103,4 | 15 | Т.Т.Битвинскас |
| 4. | Лишайнико-воротничковый | Сухие | 20 | 98 | 12,8 | В.М.Барзут |
| 5. | Бруснично-черничный | Нормальные | 13 | 99,5 | 13,6 | Т.Т.Битвинскас |
| 6. | Брусничный | Нормальные | 18 | 97,3 | 14,1 | В.М.Барзут |
| 7. | Брусничный | Нормальные | 10 | 100,9 | 10 | С.В.Видякина |
| 8. | Из ельника черничника | Нормальные | 9 | 98,1 | 14,7 | В.М.Барзут |
| 9. | Чернично-брусничный | Нормальные | 70 | 99,5 | 14,8 | Т.Т.Битвинскас |
| 10. | Черничник | Нормальные | 12 | 99,8 | 15,1 | В.М.Барзут |
| 11. | Брусничник | Нормальные | 17 | 99,8 | 15,1 | В.М.Барзут |
| 12. | Кустарничко-сфагновый | Заболоченные | 12 | 96,9 | 13,2 | В.М.Барзут |
| 13. | Мохово-лишайниковый | Сухие | 11 | 100,2 | 17,8 | В.М.Барзут |
| 14. | Кустарничко-сфагновый | Заболоченные | 60 | 97,4 | 18,6 | П.А.Феклистов |
| 15. | Черничник свежий | Нормальные | 18 | 98,4 | 19,4 | В.А.Аникеева, Н.И.Кудрявцева |

продолжительности периода вегетации на 10-20 дней, для города эти значения больше на 5-10 дней.

Другой биоиндикатор происходящих в природе многолетних изменений — древесно-кольцевые хронологии, характеризующие ежегодный прирост древесины. Используя комплекс материалов собранных для района Белого моря, с общим временным периодом с 1921 по 1970 гг., была проанализирована вариация исходных данных.

На первом этапе были получены коэффициенты линейной корреляции между древесно-кольцевыми хронологиями, для периода с 1902 по 1971 гг. По коэффициенту линейной корреляции выделены две группы шкал, внутри группировок коэффициент составил 0,7 – 0,8. Одна группа объединяет 1, 2, 3, 4, 10, 11, 13 шкалы, другая 6, 8, 9, 15 шкалы (рис. 1).

Следующий этап включал спектрально-временной анализ на основе Фурье преобразования (Порядок и хаос..., 1994). Была исследована вариация исходных многолетних данных собранных по району Белого моря, за период 1880 – 1970 гг. (рис. 2). Изучаемые спектры не являются строго периодическими, и поэтому мы использовали в нашей работе термин цикл. Возможные причины наблюдаемых в хронологиях циклов рассматриваются в работе С.Г. Шиятова (1981). Один из циклов, который можно видеть по максимальным значениям температур СВАН (рис. 2), средней длительностью 30 – 35 лет, называют «брикнеровский». А.В. Шнитников (1957, 1968) объясняет возникновение брикнеровского цикла увлажненностью территории, объединением таких двух главнейших компонентов климата, как температура воздуха и атмосферные осадки. Некоторые авторы считают

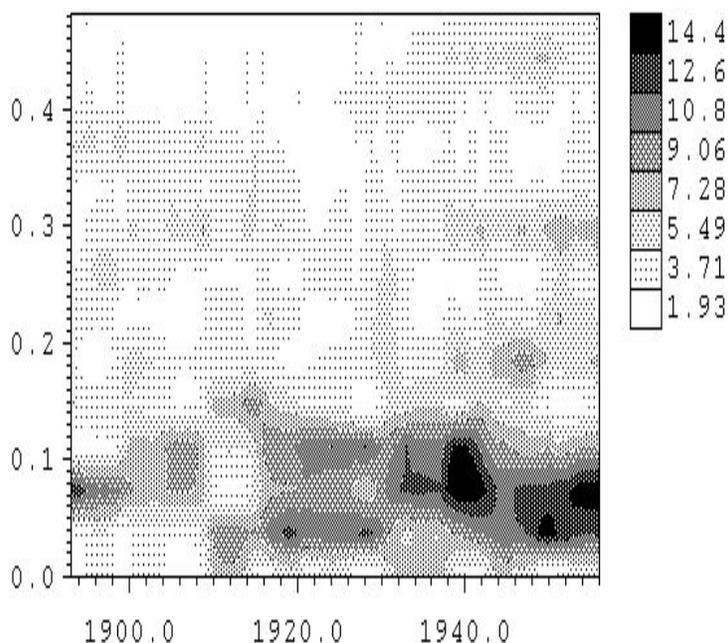


Рис. 2. Результаты обработки СВАН древесно-кольцевой хронологии №2 (ордината — частота, цикл/год ($T = 1/f$, где T — период, f — частота), абсцисса — время, годы, цвет — амплитуда спектра, индекс годичного прироста, %).

Дополнительный анализ полученных групп хронологий и современного размещения разломных зон, ограничивающих мегаблоки показывает, что хронологии 1 – 2; 3 – 4; 3 – 13 соответствуют Беломорскому мегаблоку, 6 – 8 – 9 — Карельскому мегаблоку, 13 – 10 – 11 — Беломоро-Балтийской трансблоковой зоне (рис. 4).

Исследования последних лет (Беленович, Шумилова, 1997; Беленович, 2001) показали, что вдоль простирания Мурманского и Беломорского мегаблоков северо-западного направления и секущих их транс-блоковых зон Хибинской и Беломоро-Балтийской северо-восточного направления расположены эпицентры землетрясений. Наиболее сильные землетрясения с магнитудой $M = 5,6$ проявились в пределах Беломорского блока, в Кандакшском заливе. Анализ графика высвобождения суммарной энергии (рис. 5) для северо-востока Русской равнины и Урала (Сейсмическое районирование. . . , 1980) позволяет увидеть 30 летний цикл в рассматриваемый период времени. Есть работы (Гласко, Ранцман, 1991), где показано, что сейсмически активные разломы в земной коре воздействуют через приземную атмосферу на подземные воды, растительный покров, микробиологическую составляющую почв и почвообразующие породы, возможно, поэтому мы смогли увидеть выделенные группы хронологий и 30-летний период.

3. Моделирование прироста деревьев

Используя модель множественной линейной регрессии, проанализированы исходные не обработанные фильтром данные и получены низкие показатели связи параметров. Полученные результаты низкочастотной фильтрации исходных данных позволили использовать их

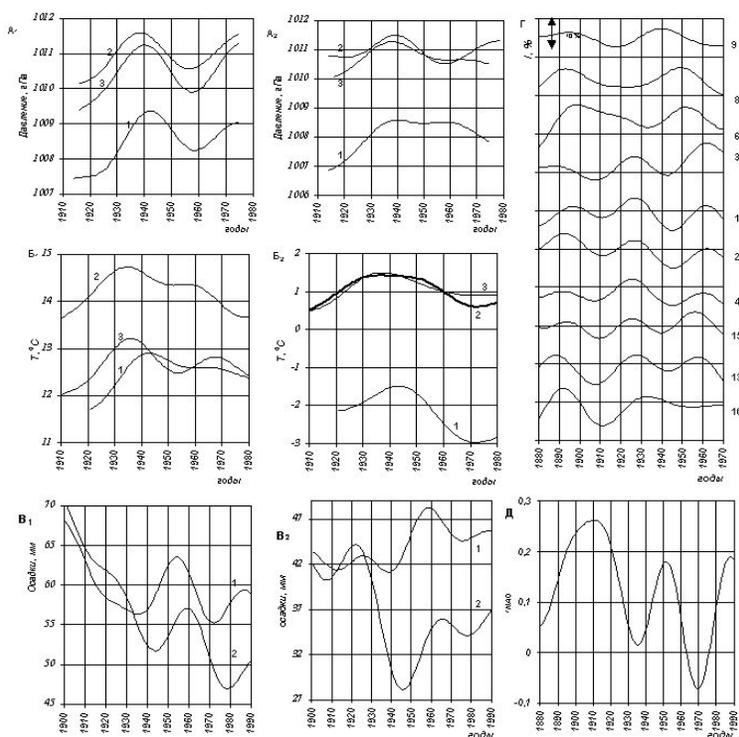


Рис. 3. Результаты низкочастотной фильтрации: средние летние (1) и годовые (2) метеорологические характеристики атмосферного давления (А) и температуры воздуха (Б), осадки (В). Метеостанции: 1— Архангельск, 2 — Кемь, 3 — Кандалакша; Г. индекс годичного прироста (I), номера хронологий соответствуют рисунку 4; Д. индекс североатлантического колебания (index Jonsa).

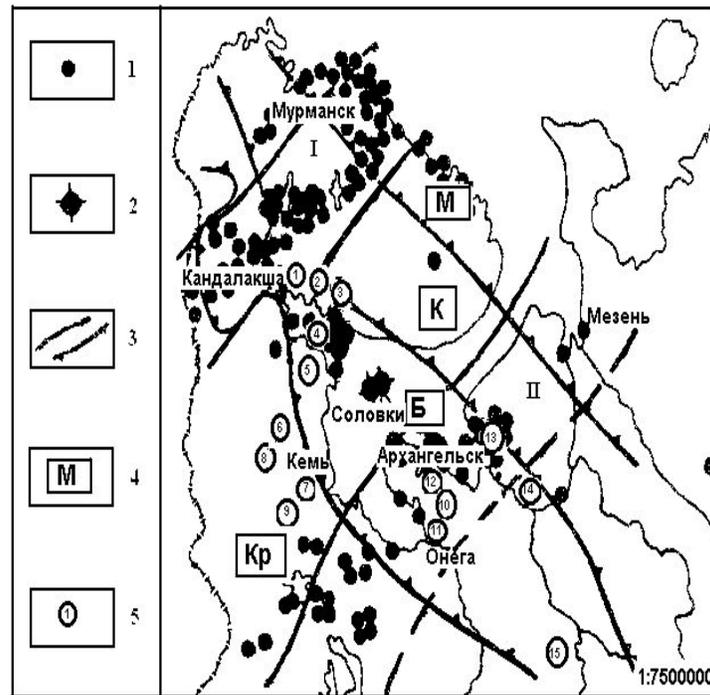


Рис. 4. Карта сопоставления блоковой тектоники и площадок дендрохронологических исследований. 1 — зафиксированные очаги землетрясений в земной коре; 2 — 6-бальные землетрясения; 3 — разломы, ограничивающие мегаблоки; трансблоковые зоны (I — Хибинская; II — Балтийско-Мезенская); 4 — основные мегаблоки и их индексы: М — Мезенский; К — Кольский; Б — Беломорский; Кр — Карельский; 5 — площадки дендрохронологических исследований.

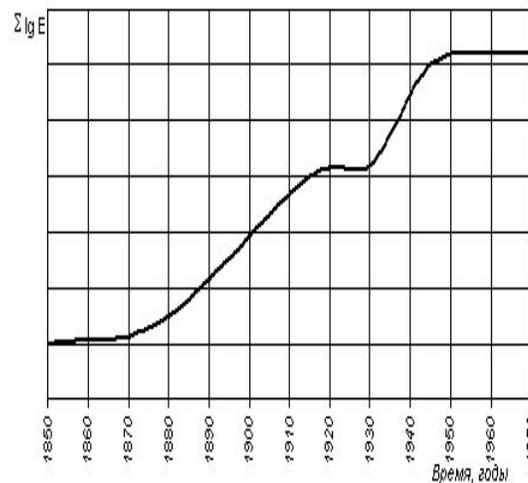


Рис. 5. График высвобождения суммарной энергии по Беньофу — Северо-Восток Русской равнины и Урал (Сейсмическое районирование... , 1980)

в моделировании прироста сосны. Из атмосферных характеристик были оставлены средние летние, как показатели вегетационного сезона, и средние годовые — как показатели фоновых изменений климата.

Моделирование множественной линейной регрессии низкочастотных составляющих выделило лучшие регрессоры описывающие прирост сосны. Известный интерес представляет сравнение результатов моделирования с исходными данными. Приведем некоторые критерии достоверности используемых моделей множественной линейной регрессии (табл. 2, 3), описывающих изменения прироста деревьев (условные обозначения для таблиц: d — атмосферное давление, t — температура воздуха, p — атмосферные осадки, I_{NAO} — индекс северо-атлантического колебания).

Таблица 2. Модели летних характеристик

| Метеостанция | Зависимая переменная | R^2 | Критерий Фишера | Статистика Дарбина-Уотсона | Значения стандартизованных коэффициентов лучших регрессоров |
|--------------|----------------------|-------|-----------------|----------------------------|---|
| Архангельск | Шкала 13 | 0,94 | 251 | 0,064 | $d = -0,3; t = 0,1; p = -0,3$ |
| Кемь | Шкала 8 | 0,91 | 149 | 0,069 | $p = -0,9; t = 0,03; I_{NAO}=0,04$ |

Таблица 3. Модели годовых характеристик

| Метеостанция | Зависимая переменная | R^2 | Критерий Фишера | Статистика Дарбина-Уотсона | Значения стандартизованных коэффициентов лучших регрессоров |
|--------------|----------------------|-------|-----------------|----------------------------|---|
| Архангельск | Шкала 13 | 0,77 | 48 | 0,06 | $d = -0,3; t = -0,01; p = 9,2$ |
| Кемь | Шкала 8 | 0,95 | 481 | 0,048 | $p = -1,7; I_{NAO}=0,02$ |

По результатам проделанной работы можно предположить, что атмосферные осадки являются доминирующим фактором. Хорошее согласие модели с исходными данными можно объяснить используемыми в моделировании сглаженными низкочастотными составляющими данных.

Список литературы

- [1] Беленович Т.Я., Шумилова Ю.Н. Иванов И.И. О сейсмичности литосферы Кольского полуострова, севера Архангельской области и ее связи с особенностями тектонического строения // Актуальные проблемы экологического образования и охраны природы. Архангельск: Поморский Университет. 1997. с.138-144.
- [2] Беленович Т.Я. Сейсмологические исследования Европейского Севера // Матер. науч.-практ. конференции. Архангельск. 2001. с. 25-26.
- [3] Видякина С.В., Беленович Т.Я. Долгопериодные тренды приростов сосны, температур воздуха, атмосферного давления, североатлантического колебания, сейсмоактивности в районе Белого моря. Материалы международной конференции. Экология

северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения. том 1.— с. 503-507.

- [4] ГЛАСКО М.П., РАНЦМАН Е.Я. Морфоструктурные узлы — места активизации природных процессов // Вестник РАН. Сер. Геогр. 1991. №1. с. 5-19.
- [5] ДЖЕНКИНС Г., ВАТТС Д. Спектральный анализ и его приложения. М: Мир, 1971.
- [6] КЛИМЕНКО В.В., КЛИМЕНКО А.В., АНДРЕЙЧЕНКО Т.Н., ДОВГАЛЮК В.В., МИКУШИН О.В., ТЕРЕШИН А.Г., ФЕДОРОВ М.Ф. IVANOV I.I. Энергия, природа и климат. М.: МЭИ, 1997.
- [7] КОМИН Г.Е. Цикл Брикнера в динамике прироста деревьев // Лесоведение. 1974. №2 С.21-27.
- [8] МАРПЛ С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М: Мир, 1990.
- [9] МИНИН А.А., ГУТНИКОВ В.А. Феноиндикация современных вариаций климата в европейской части России на примере некоторых лесообразователей и птиц. // Лесоведение, 2000. №2. С. 68-74.
- [10] Порядок и хаос в литосфере и других сферах: Атлас временных вариаций природных процес-сов./Отв. ред. А.В. Николаев, А.Г. Гамбурцев. — М.: ОИФЗ РАН, 1994. — 176 с.
- [11] ЧИСТЯКОВ В.Ф. Вековые колебания активности Солнца и их влияние на Землю // Корреляции биологических и физико-химических процессов с космическими и гелиогеофизическими факторами. Тезисы докл. межд. пушинского симпозиума. Пушкино: ОНТИ. 1996. С.118-119.
- [12] ШИЯТОВ С.Г. Климатогенные смены лесной растительности на верхнем и полярном пределах ее произрастания: Автореф. дис. д-ра биологических наук. Свердловск, 1981.
- [13] ШНИТНИКОВ А.В. Изменчивость общей увлажненности Северного полушария // Зап. геогр. о-ва. СССР. 1957. т.16. С.23-57.
- [14] ЯВОРСКИЙ Н.Х. Изменения урожайности и некоторых явлений в трехлетнем цикле изменений суммы приливообразующих сил Луны и Солнца // Вопросы агрономии. Фрунзе: Кирг. с.-х. ин-т. 1975. с.126-131.
- [15] VIDYAKINA S.V., MALANOVEZ P M., TISOVA V. A. Responses of plants systems to climate change. // the Proc.SPIE. Ed. G.G. Matvienko, V.P.Lukin. Bellingham, WA, 2003. V. 5027. pp. 189-196.