

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ВЕТРОВОЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЭКОТОНЕ АЛЬПИЙСКОЙ ЛЕСОТУНДРЫ НА ПРИМЕРЕ РОСТА КЕДРА СИБИРСКОГО В ГОРАХ АЛТАЯ

Секретенко О.П.¹, Им С.Т.¹, Двинская М.Л.¹, Двинский А.Л.², Харук В.И.^{1,2}

¹*Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия*
sekretenko@ksc.krasn.ru

²*Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия*

Аннотация: Модель динамики древесной растительности в условиях ветровой границы альпийского экотона применена для описания заселения лесом территории, занятой тундрой, при изменении климатических условий. Параметры модели оценены по полевым данным и серии космоснимков на участке Красная Гора (Алтай). Показано, что модель адекватно воспроизводит характер и темп продвижения древесной растительности в область тундры.

Модели динамики древесной растительности на верхнем пределе ее существования объясняют пространственную структуру переходной зоны лес-тундра как исключительно эндогенными факторами (Smith-McKenna et al., 2014), так и широким набором экзогенных и эндогенных воздействий (Martinez et al., 2011; Wallentin et al., 2008). Цель нашей работы состояла в создании простого варианта модели распространения кедра в зону альпийской тундры с небольшим числом параметров, с тем чтобы их можно было оценить по данным однократно проведенных полевых работ. Имеющиеся материалы содержат высоты и возраста подроста и деревьев кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) (рисунок 1 А). Измерения сделаны в 2011 году на пробной площади на участке Красная Гора, 50° 04' с. ш., 85° 15' в. д., 2273 м в.н.у.м. Выполнена также классификация территории на лесные участки и тундру (рисунок 1 В–D) по серии спутниковых изображений, включающих пробную площадь (Kharuk et al., 2017). Предполагается, что здесь сильные ветры постоянного направления существенно влияют на выживаемость и рост древесной растительности, которая при заселении территории образует специфические паттерны - полосы.

Модель описывает процессы воспроизводства, расселения, роста, отмирания древесных растений. Область моделирования разделена на ячейки в соответствии с разрешением снимков. Состояние древесной растительности в ячейке характеризуется возрастом и высотой. Позитивное влияние соседних деревьев состоит в создании зоны укрытия от ветра, в которой происходит быстрый рост и понижается вероятность отмирания по сравнению с открытыми участками. Количественная характеристика укрытия определяется расположением соседних лесных ячеек, расстоянием до них и высотой деревьев в них. Световая и корневая конкуренция считается незначительной по сравнению с ветровым воздействием и не учитывается. По данным наземных исследований, все пространство между полосами семеносящих кедров заполнено подростом, поэтому семеношение и распространение семян не учитываются. На каждом шаге моделирования для подроста и деревьев рассчитывается годичный прирост в высоту, коэффициенты уравнений при этом зависят от показателей изменения климата и микроусловий роста (в укрытии или без укрытия). Параметры базовых уравнений роста определены по данным (рис. 1А). Параметры укрытий получены путем одновременной оптимизации по трем критериям - достижению удовлетворительного совпадения длины и ширины пятен и доли занятой лесными ячейками территории со спутниковыми данными за соответствующий интервал времени. Иллюстрацией адекватности поведения модели может служить результат ее применения для описания заселения зоны тундры древесной растительностью в стационарных и улучшающихся климатических условиях (рисунок 2).

Работа поддержана Российским Научным Фондом (проект 14-24-00112).

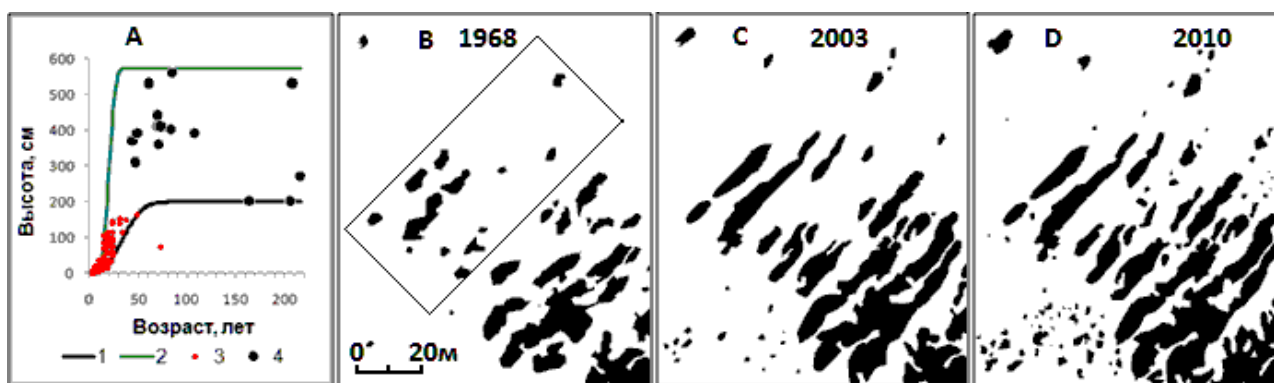


Рисунок 1. А - рост кедра в высоту без укрытий (1) и в укрытиях (2), связь высоты и возраста по данным для подроста (3) и деревьев (4); В–С - классы "деревья" (черным) и "тундра" (белым) по спутниковым снимкам 1968 - 2010 гг. Прямоугольник - пробная площадь (В).

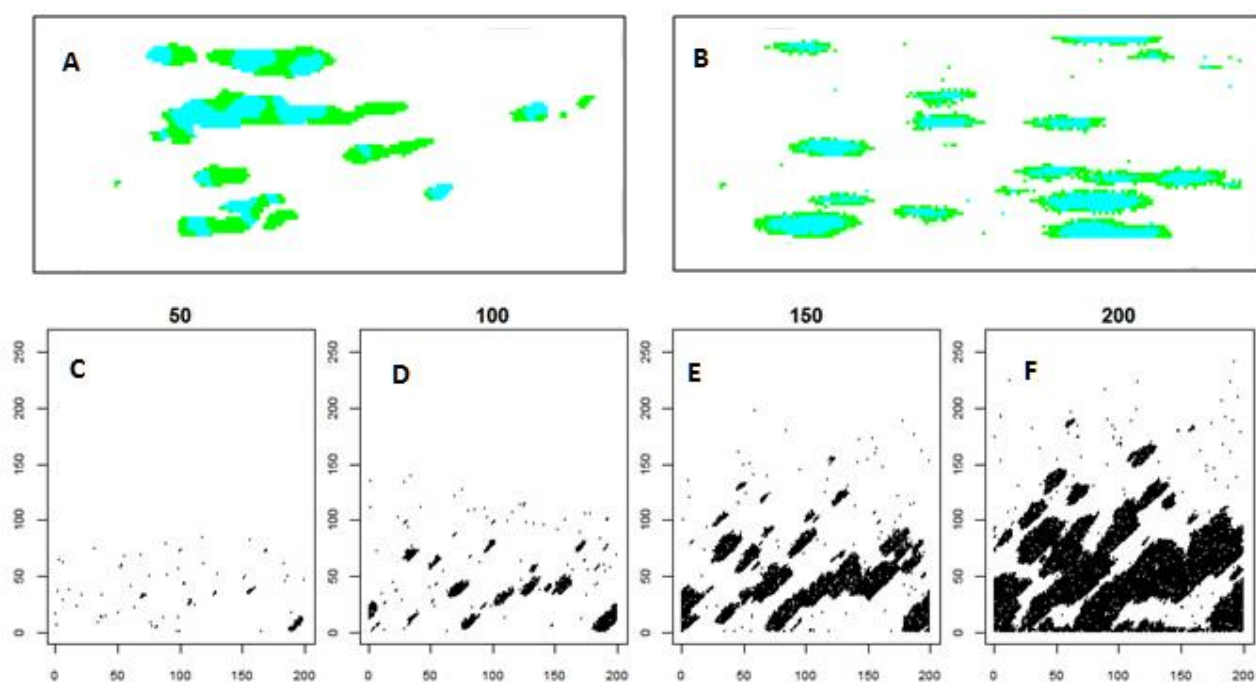


Рисунок 2. А - наблюдаемый рост пятен леса на пробной площади от 1968 г. (синим) до 2003г. (зеленым); примеры реализации модели с оцененными параметрами в стационарных условиях спустя 160 лет (синим) и 195 лет (зеленым) от начала заселения (В), и при постепенном улучшении условий роста на участке с увеличением высоты склона в северо-западном направлении спустя 50, 100, 150, 200 лет от начала заселения (С–F).

Литература

- Kharuk V.I., Im S.T., Dvinskaya M.L., Ranson K.J., Petrov I.A. Tree wave migration across an elevation gradient in the Altai Mountains, Siberia // *Journal of Mountain Science*. 2017. V. 14. № 3. P. 442–452.
- Martinez I., Wiegand T., Camarero J.J., Batllori E., Gutierrez E. Disentangling the formation of contrasting tree-line physiognomies combining model selection and Bayesian parameterization for simulation models // *The American Naturalist*. 2011. V. 177. №. 5. P. E136–E152.
- Smith-McKenna E.K., Malanson G.P., Resler L.M., Carstensen L.W., Prisley S.P., Tomback D.F. Cascading effects of feedbacks, disease, and climate change on alpine treeline dynamics // *Environmental Modelling & Software*. 2014. V. 62. P. 85–96.
- Wallentin G., Tappeiner U., Strobl J., Tasser E. Understanding alpine tree line dynamics: An individual-based model // *Ecological Modelling*. 2008. V. 218. P. 235–246.