

Математико-картографическое моделирование распространения лесообразующих пород (на примере Приморского края)

Б. С. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

Ботанический сад-институт ДВО РАН
690024, Владивосток, ул. Маковского, 142
E-mail: ptrop5@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена методика восстановления исходной (коренной) растительности, которая может быть использована для определения оптимальных мест произрастания лесообразующих пород. На примере Приморского края демонстрируется такая возможность. Показана эффективность использования методики для задач математико-картографического моделирования лесной растительности.

Ключевые слова: математико-картографическое моделирование, лесообразующие виды, распространение, экология, Приморский край.

Математико-картографическое моделирование биологических объектов и методы картографирования растительности имеют большое значение для задач экологии [1, 2], составления карт современного распространения и восстановления ареалов таксонов как растительных сообществ разного иерархического уровня, так и конкретных видов [3, 4]. Перспективность этого подхода обуславливает необходимость искать новые подходы к решению многих задач, связанных с охраной и рациональным использованием растительных ресурсов. Особенно важно это для лесов с высоким уровнем биологического разнообразия, с выдающимися экологическими (биосферными), социальными и сырьевыми функциями. К таким регионам относится Приморский край, знаменитый природным феноменом по уровню насыщения флорой и фауной – Уссурийской тайгой.

Самобытность и уникальность Приморского края обусловлена во многом его геогра-

фическим положением – на стыке юго-восточной окраины России и самого большого Тихого океана, определяющего муссонные черты климата. Горная система Сихотэ-Алинь занимает 3/4 площади территории края. Хребты и отроги простираются в основном в меридиональном направлении, обуславливая специфическую вертикальную поясность растительности. Муссонный климат, значительно меньшая теплообеспеченность территории в сравнении с аналогичными по широте регионами, своеобразные геологическая история, тектонические процессы, вековая цикличность климата, отсутствие в прошлом площадного оледенения, своеобразные вековые смены растительности и особенности филогенеза обусловили необыкновенные по биоразнообразию и составу дендрофлору, структуру и состав лесной растительности.

Уникальная лесная растительность Приморского края заметно деградирует из-за практически неуправляемых промышленных рубок и губительных лесных пожаров. В свя-

Петропавловский Борис Сергеевич

зи с этим приобретают особое значение переход на рациональное, разумное использование лесных ресурсов с неистощимым лесопользованием, а также восстановление и реконструкция лесов с целью повышения их сырьевых, биосферных (экологических) и социальных функций. Все это должно основываться на изучении лесообразовательного процесса, важнейшими задачами которого должно стать выявление закономерностей распространения и экологии наиболее часто встречающихся лесообразующих видов и восстановление их былых ареалов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для составления картосхем распространения преобладающих видов использовали материалы лесоустройств бывших лесхозов (31), всех лесных заповедников и других категорий земель: картосхемы лесной растительности (планы лесонасаждений лесничеств лесхозов или заповедников) и лесотаксационные описания. На картосхемы наносили регулярную сеть с ячейкой элементарных трапеций (“квадратов”), образованных пересечениями широт и меридианов через 2,5′. В переводе на реальную поверхность земли такая фигура, близкая к квадрату, занимает площадь примерно 5 × 5 км. Этот шаг съема информации позволяет выявить основные особенности состояния и распространения лесной растительности на уровне преобладающих лесообразующих видов. Из лесотаксационных описаний выбирали выделы, попадавшие на точки регулярной сетки. С топографических карт крупного масштаба снимали в этих же точках высоту над уровнем моря, экспозицию и крутизну склона. Информацию по факторам среды собирали с помощью соответствующих карт: почвенной, геоморфологической, картосхем климатических показателей.

На лесную растительность Приморского края приходится 7065 точек (или ячеек) регулярной сетки. Информацию заносили в электронную базу данных. По каждой точке сбора регулярной сетки указывали: лесоводственно-таксономические показатели лесного выдела, в том числе преобладающий лесообразующий вид и различные по-

казатели факторов среды – сумму активных температур (свыше 10°), показатель увлажнения территории, характеризуемый гидротермическим коэффициентом (ГТК) Селянинова, осадки годовые, мм, температуру воздуха в январе и в июле, высоту над ур. м., экспозицию и крутизну склона с использованием соответствующих климатических и топографических карт, лесотаксационных описаний.

С помощью специальных картографических программ составлены электронные картосхемы распространения преобладающих лесообразующих видов и их восстановленные (расчетные) ареалы в границах Приморья или оптимальные места произрастания.

Методика аппроксимации растительности для задач математико-картографического моделирования основана на использовании коэффициентов наиболее специфичных отношений или классификационных критериев [5, 6]. Она включает несколько этапов:

1. Выявление на основе использования информационной статистики наиболее экологически значимых факторов среды, в наибольшей мере определяющих распространение изучаемых растительных таксонов с помощью односторонних мер $K (A/B)$ (где A – анализируемый фактор среды, B – конкретный таксон растительности, в нашем случае лесообразующая порода) [7]. Этот этап не обязателен, если известно, какие факторы среды в наибольшей мере влияют на растительность в конкретном случае (регионе, урочище, лесном массиве).

2. Составление таблицы (матрицы) совместных частот по каждому экологически значимому (ведущему) фактору среды и анализируемому таксону, что наиболее удобно, когда по строкам – градации фактора среды (например, сумма эффективных температур), а в колонках – таксоны растительности (в нашем случае – лесообразующие породы).

3. Проставление частот по всем градациям фактора среды в итоговой строке.

4. Проставление условных вероятностей встреч в ячейках (клетках) таблицы, для чего конкретная частота встреч данной градации фактора среды и конкретного таксона делится на итоговую сумму частот в последней строке таблицы. В этой итоговой строке так-

же определяются вероятности встреч. В отличие от таковых в других строках градаций фактора среды эти вероятности называются априорными, в остальных случаях – условными.

5. Определение наиболее характерных сочетаний градаций факторов среды и конкретного таксона. В том случае, когда условная вероятность (в клетках таблицы) выше значения априорной (в клетках итоговой строки), проставляется символ “1”. Это оптимальные условия произрастания, с высоким уровнем встречаемости, или градация встречаемости данного таксона в пределах элементарной ячейки регулярной схемы как “повсеместно”. Остальные случаи менее характерны и типичны. Таким образом, можно даже по таблице определить наиболее оптимальные условия произрастания таксона по фактору среды. Ступки “1” обозначают оптимальные условия, а весь диапазон градаций фактора среды, включая и область оптимума, маркирует толерантность или экологическую терпимость таксона.

6. Для определения вероятности произрастания того или иного таксона в каждой ячейке регулярной сетки сопоставление данных по всем анализируемым факторам среды. Для этого в каждом случае составляется другая таблица наподобие первой, но по строкам проставляются уже не частоты совместных встреч градации одного фактора среды и конкретного таксона, а все включенные в аппроксимацию факторы среды. В каждой строке – соответствующий фактор конкретной градации (часто это определенные значения шкалы соответствующей легенды карты фактора среды). В клетках таблицы проставляются значения индексов – “1” или прочерки.

7. Суммирование всех “1” по всем колонкам – таксонам. Максимальная сумма определяет наиболее вероятный таксон, максимально соответствующий сочетанию градаций всех анализируемых факторов среды и данного таксона.

На рисунке такой таксон (вид, сообщество) маркируется путем “заливки” конкретной ячейки регулярной сетки (как в наших примерах) или с помощью прочих обозначений, что используется при математико-картографическом моделировании, в частности при

восстановлении исходной (былой) растительности, наиболее экологически соответствующей конкретному сочетанию анализируемых факторов среды.

Использование описанной методики сопряжено с очень большой трудоемкостью работ по расчету мер, аппроксимации коренной растительности, составлению картосхем восстановленной растительности. Это побудило создать совместно с сотрудниками лаборатории математической биогеоценологии Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН программу “РАС” (от первых букв слова “растительность”) и элементарную геоинформационную систему с элементами моделирования “Геомод”, позволяющие рассчитывать информационные меры связи, специфические коэффициенты, аппроксимировать растительность по совокупности градаций ведущих факторов среды и моделировать структуру растительности с помощью персональных компьютеров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Высокая мозаичность восстановленной лесной растительности и слишком мелкий масштаб не позволяют продемонстрировать эффективность картографического моделирования по всем древесным видам на одной карте. Это можно сделать лишь с помощью электронных картосхем на отдельные лесообразующие породы. Для демонстрации эффективности использования метода приводятся только 6 видов: кедр корейский (сосна корейская кедровая) *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc., ель иезская (аянская) *Picea jezoensis* (Siebold et Zucc.) Carr., лиственница Каяндера *Larix cajanderi* Mayr., дуб монгольский *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb. subsp. *mongolica*, липа Таке *Tilia taquetii* C. K. Schneid., ясень маньчжурский *Fraxinus mandshurica* Rupr.

Картосхемы восстановленных ареалов основных лесообразователей – результат аппроксимации по восьми факторам среды. Отмечена высокая сходимость картографического отображения лесной растительности на “Карте леса Приморья: преобладающие лесообразующие породы” [8] и расчетных мест произрастания основных лесообразующих

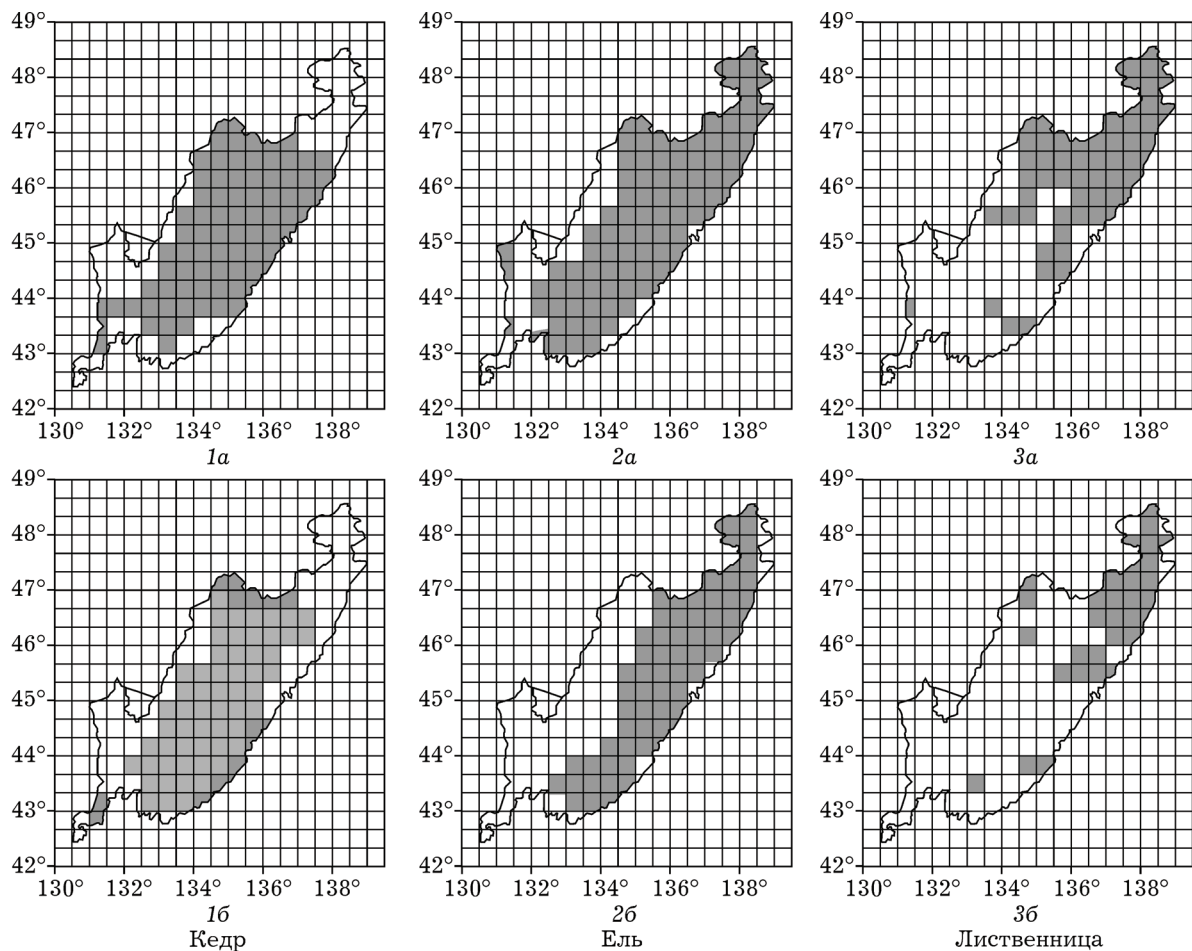


Рис. 1. Современное (“а”) и восстановленное (“б”) распространение хвойных лесобразующих пород в Приморском крае

пород, фактически восстановленных ареалов таксонов в границах Приморского края. Для удобства сравнения фактического и расчетного (прогнозного) состояния распространения лесобразующих пород представлены рисунки отдельно по хвойным (рис. 1) и лиственным (рис. 2) деревьям. В пределах каждого из них приводятся по вертикали по каждой породе фактическое с индексацией “а” при номере породы (верхняя схема) и восстановленное с индексацией “б” (нижняя схема) состояния распространения конкретного вида.

Сопоставление современных и восстановленных мест произрастания обнаруживает схожесть расчетных ареалов лесобразующих пород и фактических в границах Приморского края. Но площадь расчетных мест произрастания по каждому виду несколько меньше современной. Это, по-видимому, связано

с тем, что аппроксимация выявляет наиболее оптимальные места произрастания пород (что может быть использовано в лесокультурной практике) согласно методике, выявляющей наиболее типичные условия (когда условная вероятность выше априорной). Но если взять только оптимальные условия произрастания реальной растительности, с повсеместной встречаемостью породы в ячейках рисунков, исключив случаи с редкой встречаемостью, то очертания, контуры и площади мест произрастания фактической и восстановленной растительности станут еще более схожими.

Высокая эффективность результатов аппроксимации (расчета) подтверждается тем, что при наложении всех рисунков один на другой все ячейки рассматриваемой материковой территории Приморья заполняются той или иной породой, во многих случаях и не-

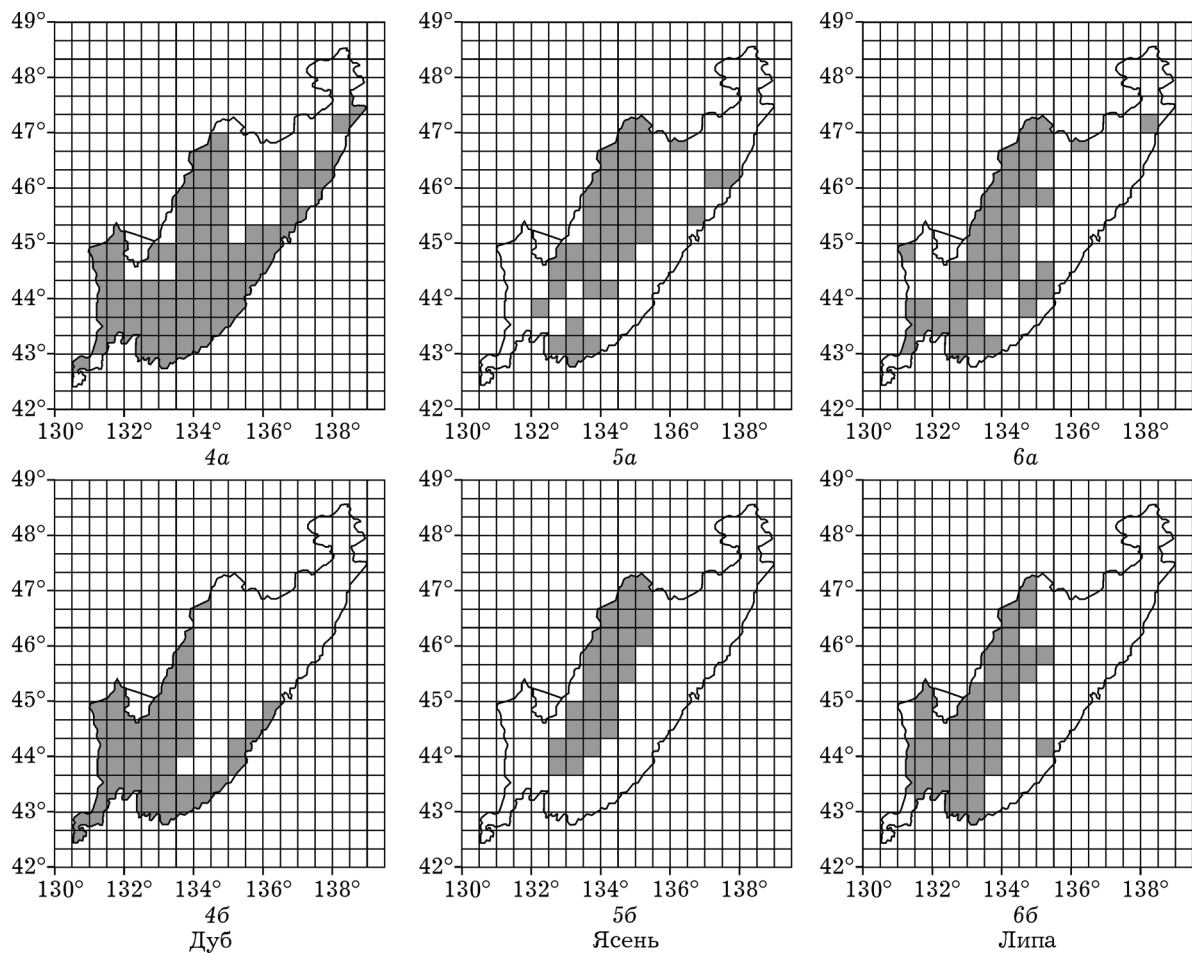


Рис. 2. Современное (“а”) и восстановленное (“б”) распространение лиственных лесобразующих пород в Приморском крае

сколькими, что соответствует факту многопородности основных лесных формаций, особенно кедрово-широколиственных лесов с анализируемыми породами, кроме лиственницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Демонстрируемая методика аппроксимации (расчета) ареалов лесобразующих пород оказалась эффективной для задач математико-картографического моделирования. Определяются с высокой точностью оптимальные условия произрастания основных лесобразователей даже в сложных условиях муссонного климата и горного рельефа Приморского края. В ряде случаев есть необходимость моделировать растительность, используя информацию по современному распространению подраста, особенно при оценке выявления

перспективных земель для восстановления былой лесной растительности и при определении целесообразности реконструкции малоченных насаждений, производных лесных экосистем.

Сопоставление исходной и современной растительности позволяет выявить основные динамические процессы, связанные с антропогенным воздействием. Данный метод может быть использован для задач палеоботаники и палеогеографии, восстановления исходной растительности по заданным параметрам факторов среды, для прогноза возможных изменений растительности при различных сценариях изменения экологических условий, при посадке деревьев, реконструкции лесной растительности, для оценки состояния экологической устойчивости лесной растительности [10, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт А. М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1978. 255 с.
2. Жуков В. Т., Сербенюк С. Н., Тикунов В. С. Математико-картографическое моделирование: современное состояние и перспективы // Новые методы в тематической картографии. М.: Изд-во МГУ, 1978. С. 4–15.
3. Петропавловский Б. С. Леса Приморского края: эколого-географический анализ. Владивосток: Дальнаука, 2004. 317 с.
4. Петропавловский Б. С. Картография на рубеже тысячелетий: докл. I Всерос. науч. конф. по картографии. М., 1997. С. 552–556.
5. Пузаченко Ю. Г., Петропавловский Б. С., Скулкин В. С. Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975. С. 104–116.
6. Пузаченко Ю. Г., Скулкин В. С. Структура растительности лесной зоны СССР. Системный анализ. М.: Наука, 1981. 275 с.
7. Семкин Б. И., Петропавловский Б. С., Кошкарёв А. В. и др. О методе многомерного анализа соотношения растительности с экологическими факторами // Ботан. журн. 1986. Т. 71, № 9. С. 1167–1981.
8. Петропавловский Б. С. Карта лесов Приморья: преобладающие лесообразующие породы. Владивосток: ГУП ИПК Дальпресс, 2001.
9. Петропавловский Б. С., Чавтур Н. А., Дочевая Н. В. Динамика растительности юга Дальнего Востока // Сб. науч. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 44–51.
10. Петропавловский Б. С. Комаровские чтения. Вып. 41. Владивосток: Дальнаука, 1993. С. 16–28.
11. Петропавловский Б. С. Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI в.: мат-лы Всерос. конф. (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Ч. 5. Геоботаника. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 256–259.

Mathematical and Cartographic Modeling of Optimal Sites for the Growth of Forest-Forming Species (for Primorsky Territory as an Example)

B. S. PETROPAVLOVSKY

*Botanical Garden Institute FEB RAS
690024, Vladivostok, Makovsky str., 142
E-mail: ptp5@mail.ru*

Principles of the recovery of initial (indigenous) vegetation are considered. They may be applied to determine the optimal sites of growth of forest-forming species. Such a possibility is demonstrated for Primorsky Territory as an example. The efficiency of the use of these principles for solving the problems of mathematical and cartographic modeling of forest vegetation is demonstrated.

Key words: mathematical and cartographic modelling, forest-forming species, distribution, ecology, Primorsky Territory.