

Работы продолжаются в рамках Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» — проект «Ландшафтные закономерности антропогенной трансформации ресурсного потенциала лесных сообществ в условиях северо-запада таежной зоны России».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Биоресурсный потенциал* географических ландшафтов северо-запада таежной зоны России (на примере Республики Карелия) / Ред. А.Д. Волков, А.Н. Громцев. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 188 с.
2. *Волков А.Д., Громцев А.Н., Еруков Г.В. и др.* Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1990. 284 с.
3. *Волков А.Д., Громцев А.Н., Еруков Г.В. и др.* Экосистемы ландшафтов запада северной тайги (структура, динамика). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. 194 с.
4. *Громцев А.Н.* Ландшафтная экология таежных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 144 с.
5. *Громцев А.Н.* Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 245 с.

### ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ РАСТЕНИЙ, ОБРАЗУЮЩИХ ЛЕСНОЕ СООБЩЕСТВО

Пузаченко Юрий Георгиевич

*Москва, Учреждение Российской академии наук*

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН*

Экологическая ниша по Гринеллу может рассматриваться как функция состояния популяции от условий среды. Состояние популяции в частном случае может определяться через проективное покрытие вида в конкретном сообществе. Параметризация экологической ниши означает определение коэффициентов в уравнении, связывающем состояние вида с условиями среды. Задача стала представлять интерес при достижении полной доступности мультиспектральной дистанционной информации и трехмерных моделей рельефа, обеспечивающих интерполяцию состояний ниши на обширной территории, на основе выборочных оценок состояния популяции. В мировой практике сформулированная задача чаще решается на уровне ареалов (программа Mapping and analysis of spatial data DIVA-GIS). Для крупного масштаба она чаще трактуется как оценка индекса пригодности местообитания (HSI) для животных. В предлагаемом докладе демонстрируются методы оценки параметров экологических ниш и связанные с ними аналитические и прагматические возможности. Обучающую выборку получают на основе стандартных описаний растительности с привязкой описаний к географической системе координат. Трехмерная модель рельефа для района исследований рассчитывается на основе оцифровки топографических карт масштаба 1:10 000. На ее основе оцениваются параметры иерархических уровней организации рельефа и для каждого из них рассчитываются методом фильтрации по спектру Фурье относительная высота микро, мезо, макро рельефа, а так же уклоны, кривизны и экспозиция поверхности. Отбираются сцены мультиспектральной съемки (Landsat, Aster). Значения каналов пересчитываются в энергетические единицы и на их основе рассчитываются различные индексы. Свойства рельефа содержат информацию о режиме увлажнения и перераспределении тепла, а спектральные яркости и их производные — информацию о структурных особенностях использования солнечной энергии биогеоценозом в момент экспонирования. Экологическая ниша любого вида параметризуется от этих внешних переменных постольку поскольку состояние его популяции определяется режимом увлажнения и минерального питания, организацией и функционированием всего биогеоценоза. Важно, что во всех случаях измерим уровень этой детерминации. Параметризация может осуществляться методами множественной регрессии, дискриминантного и факторного анализа, нейронных сетей. При исследовании желательно осуществлять сравнение эффективности всех методов. Однако метод дискриминантного анализа дает наиболее полную информацию об отношении вида к рассматриваемым условиям среды.

Параметры фундаментальной экологической ниши и ее отображение на местности определяются по обучающей выборке с наличием-отсутствием вида в описании. В таблице приведены статистические параметры результатов дискриминации для 1391 описания при F-критерии равном единице. Описания выполнены на территории Центрально-лесного биосферного заповедника.

Как следует из таблицы, все модели статистически достоверны и, естественно, «наличие» наиболее распространенных видов лучше описывается внешними переменными, чем редких. В результате дискриминантного анализа фундаментальной ниши получаем отображения отношения вида к условиям среды через функцию вероятности обнаружения вида в каждом пикселе (30x30 м) и значение оси дискриминантного анализа, которую можно интерпретировать как индекс пригодности местообитания (HSI). Множественная регрессия HSI от внешних переменных показывает, какие именно условия среды определяют ареал вида на территории. Фундаментальной экологической нише вида соответствует область с вероятностью наличия вида  $P > 0.001$ . Вероятность однозначно связана с HSI. На рис. 1 показаны фундаментальные экологические ниши относительно редких видов, распространение которых отражает особенности организации территории и структуры лесной растительности.

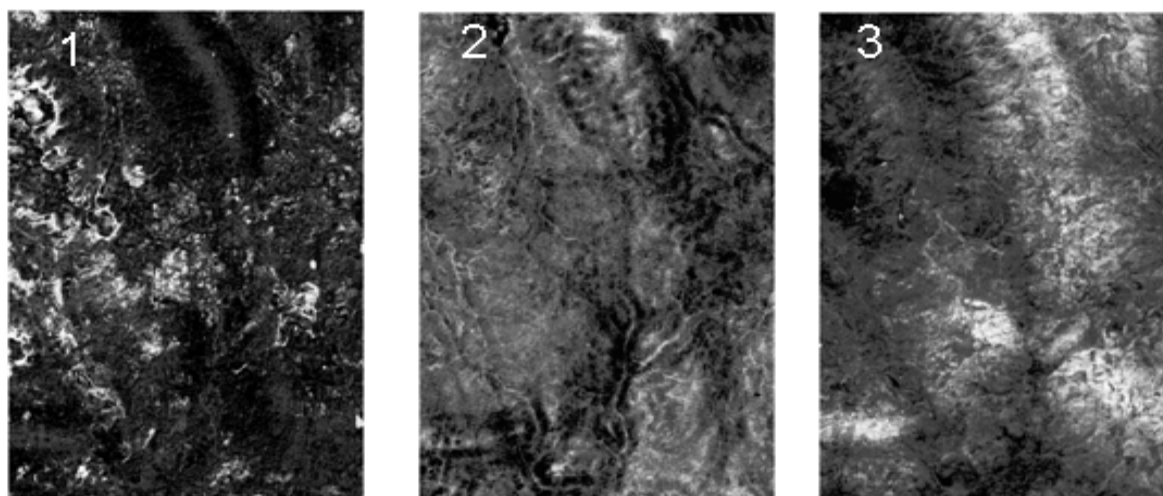
Статистические параметры зависимости фундаментальной экологической ниши от свойств рельефа для трех иерархических уровней и количества отраженной солнечной энергии измеренной в спектральных каналах спутника Landsat в феврале и июле

N	Порода	Встречаемость %	Точно определенное %		Корреляция	Число степеней свободы	$\chi^2$ -test
			Наличие	Отсутствие			
1	сосна	6.47	67.64706	97.41176	0.542486	43	459.9154
2	ель	77.50	96.92898	67.10963	0.739788	20	1054.810
3	береза	63.12	91.91439	42.23108	0.463616	18	322.3375
4	осина	37.74	54.33071	79.88024	0.465815	30	324.3414
5	ольха (с.)	15.74	31.94444	95.82964	0.435635	23	279.7883
6	ольха (ч.)	3.16	9.30233	99.84615	0.282676	19	110.8864
7	рябина	28.04	14.72868	96.23431	0.344311	18	168.0813
8	ива	10.86	9.27152	99.24497	0.289375	25	116.1809
9	черемуха	1.44	15.00000	99.16856	0.213679	18	62.24970
10	липа	14.88	45.41063	95.42254	0.511540	37	401.2054
11	клен	23.72	45.45455	92.59625	0.514565	25	408.6215
12	ильм	14.09	36.22449	95.20488	0.479841	30	346.9956
13	ясень	13.08	30.17751	96.93356	0.451759	40	301.5377
14	дуб	1.94	7.40741	99.92401	0.203452	12	56.43560

Для оценки параметров реализованной ниши состояния видов преобразуются в дискретную форму. В результате дискриминантного анализа получаем общую оценку качества модели, число значимых ортогональных координат экологической ниши, вероятность принадлежности каждого пикселя к каждому состоянию популяции, внешние переменные, прямо описывающие состояние вида. На рис.2 показано пространственное варьирование двух координат экологического пространства и сумма площадей сечений рябины. Первая координата отражает в первую очередь влияние растительности (Landsat), вторая рельефа. В соответствии с анализом получено, что рябина в отношении к рельефу строго мезофитна и предпочитает старые, но нарушенные леса. Средняя относительная ошибка определения суммы площадей сечений для рябины 26%.

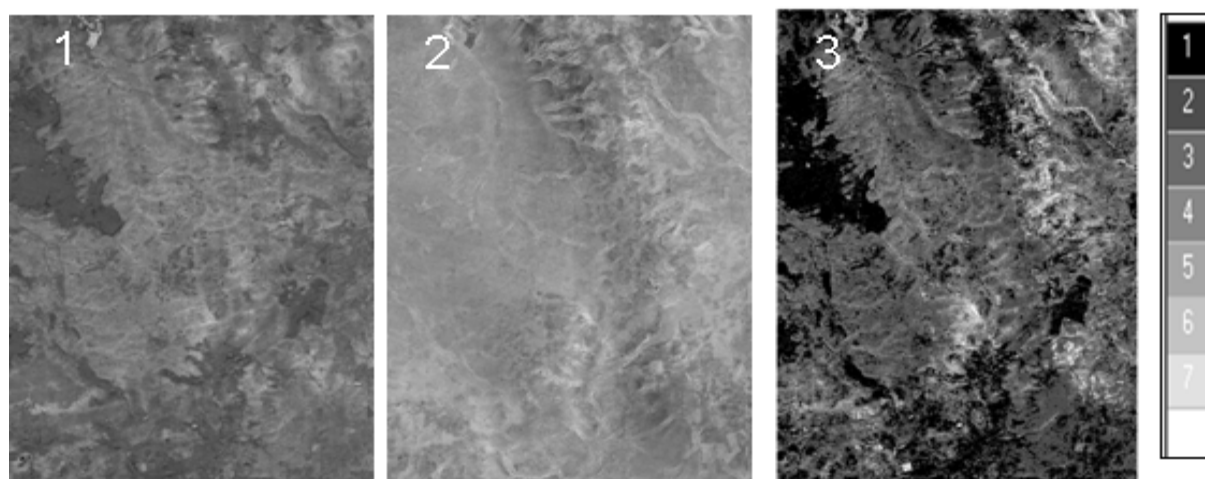
Любой статистический метод параметризации экологической ниши на основе полевых измерений и внешних переменных отражает только равновесные отношения между ними. Источниками неопределенности являются ошибки полевых описаний и GPS — позиционирования, неполнота отображения состояния популяции внешними переменными, неравновесное, нестационарное состояние популяции в конкретных точках, принадлежность пикселя к области интерполяции. Нестационарность приводит к значительному отклонению наблюдаемой переменной от ее равновесного значения (несколько среднеквадратических) и ее природа может быть исследована непосредственно только в поле. Популяция может описываться системами уравнений от внешних переменных с разными параметрами. Соответствующие этим разным системам подобласти возникают в результате различных механизмов связи вида со средой. Так на песках и суглинках одному и тому же состоянию отраженной солнечной радиации может соответствовать разное состояние популяции. При объединении двух таких подобластей происходит потеря информации, и даже существенные ее

искажения. Очевидно, что выделение подобластей с гомогенными условиями среды — особая и весьма содержательная задача.



**Рис. 1.** Фундаментальные экологические ниши:

1 — сосна, 2 — серая ольха, 3 — липа. Темный тон — вероятность обнаружения  $<0.001$ , белый тон —  $\approx 1$ . (Территория Центрально-лесного биосферного заповедника —  $22.8 \times 28.8$  км)



**Рис. 2.** Экологическая ниша рябины. 1 — первая координата экологической ниши, 2 — вторая координата, 3 — ожидаемая полнота (сумма площадей сечений,  $\text{м}^2$  на га), где 1-0, 2-1.2, 3-1.7, 4-2.4, 5-3.4, 6-4.5, 7-6.7, 8-11.5.

При всем этом рассматриваемый подход позволяет параметризовать каждый вид непосредственно для исследуемой территории. Решение систем уравнений для каждого вида позволяет рассчитать их состояние в каждом пикселе грида. Если спектральные свойства определены как функции возраста сообщества, то автоматически получаем равновесную модель сукцессий справедливую для континуум гипотезы.

## ВОДОРЕГУЛИРУЮЩАЯ РОЛЬ ЛЕСОВ НА ОСУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Бабиков Борис Васильевич

*Санкт-Петербург, ГОУ ВПО Санкт-Петербургская государственная  
Лесотехническая академия им. С.М. Кирова*

Водорегулирующая роль леса отмечена в многочисленной литературе. Водорегулирующие особенности осушенных лесов отмечены слабее.