

М.Ч. ЗАЛИХАНОВ Э.Г. КОЛОМЫЦ  
Л.С. ШАРАЯ Н.Л. ЦЕПКОВА Н.А. СУРОВА

---

# ВЫСОКОГОРНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ В МОДЕЛЯХ



М.Ч. ЗАЛИХАНОВ Э.Г. КОЛОМЫЦ  
Л.С. ШАРАЯ Н.Л. ЦЕПКОВА Н.А. СУРОВА

# Высокогорная Геоэкология в моделях



МОСКВА НАУКА 2010

Тверской государственный университет



аучная библиотека 00246386

Ф4

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ РЕДАКТОРОВ .....	5
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	9

## Глава 1

ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ВЫСОКОГОРНОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ .....	15
1.1. География–экология–геоэкология .....	15
1.2. Проблемы региональной геоэкологии высокогорий.....	17
1.3. Геоэкологическое прогнозирование .....	21
1.3.1. Состояние вопроса .....	21
1.3.2. Общее направление научного поиска .....	24

## Глава 2

ВЫСОКОГОРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ КАК ОБЪЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	29
2.1. Состояние изученности природных экосистем высокогорья .....	29
2.2. Гидротермическая структура гео(эко)систем и факторы ее формирования .....	33
2.3. Основные черты структуры и функционирования высокогорных экосис- тем.....	35
2.3.1. Экстремальность биогеофизических режимов.....	35
2.3.2. Экологические контрасты на верхней границе леса .....	37
2.3.3. Ландшафтная организация субальпийской ороклиматической системы.....	39
2.4. Гидротермические условия произрастания субальпийской растительности.....	42
2.5. Антропогенные нагрузки на высокогорные экосистемы.....	47
2.5.1. Пасторальное воздействие.....	47
2.5.2. Работа горно-промышленных предприятий и рекреация .....	50
2.6. Продуктивность субальпийских экосистем как интегральный показатель их состояния.....	53

## Глава 3

МЕТОДЫ ЭМПИРИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕО- ЭКОЛОГИИ .....	56
3.1. Сущность и типы эмпирико-статистического моделирования.....	56
3.2. Методика сбора полевого материала и подготовки его к моделированию .....	59
3.3. Моносистемные теоретико-информационные модели .....	64
3.3.1. Построение генеральной информационной модели.....	65
3.3.2. Векторное представление экологических ниш.....	69
3.3.3. Бинарная ординация геокомпонентных признаков.....	71
3.4. Полисистемные теоретико-множественные модели .....	72
3.4.1. Идеологические предпосылки моделирования .....	72
3.4.2. Меры сходства и включения в межкомплексных связях экосистем .....	74
3.4.3. Матрицы и графы отношений включения между экосистемами .....	77

## Глава 4

<b>МЕЖКОМПОНЕНТНЫЕ СВЯЗИ В СУБАЛЬПЕЙСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ</b> (Информационно-статистические модели).....	83
4.1. Общая оценка моносистемной организации высокогорных экосистем.....	83
4.2. Объекты экологических экспериментов в южных частях Приэльбрусья.....	89
4.2.1. Экосистема Адылсу.....	91
4.2.2. Экосистема Терскол.....	92
4.3. Общие статистические оценки состояния субальпийских экосистем.....	95
4.4. Модели межкомпонентных связей в лесной и луговой экосистемах.....	97
4.4.1. Субальпийский лес.....	98
4.4.2. Ненарушенный субальпийский луг.....	99
4.4.3. Сравнительный анализ моделей.....	101
4.5. Оценка антропогенной трансформации межкомпонентных связей.....	103

## Глава 5

<b>ВЫСОКОГОРНЫЕ ЛУГА В УСЛОВИЯХ ПАСТБИЩНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ</b> (Информационная модель комплексной ординации).....	106
5.1. Предмет и объект моделирования.....	106
5.2. Общая характеристика луговых экосистем экспериментального полигона.....	107
5.3. Генеральная схема моносистемной организации луговых биогеоценозов.....	111
5.4. Природные механизмы формирования луговых экосистем высокогорья.....	111
5.4.1. Влияние высотной климатической зональности.....	111
5.4.2. Экологическая роль локальных гидротермических контрастов.....	117
5.4.3. Геоморфологическая локализация экосистемных параметров.....	126
5.4.4. Некоторые структурные и функциональные характеристики фитоценозов.....	128
5.5. Пастбищная дигрессия высокогорных лугов.....	132
5.5.1. Изменения экологической роли гидротермики почв.....	132
5.5.2. Изменения структурных и функциональных характеристик луговых экосистем.....	134
5.6. О реликтовых свойствах некоторых субальпийских луговых почв.....	137

## Глава 6

<b>ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СУБАЛЬПЕЙСКИХ ЭКОСИСТЕМ</b> (Теоретико-множественные модели).....	139
6.1. Иерархия полисистемных геоэкологических структур.....	139
6.2. Межкомплексные связи леса и луга в параметрах дескриптивных множеств.....	140
6.2.1. Модели отношений сходства и включения между геотопами.....	140
6.2.2. Полисистемное пространство высотно-растительных комплексов.....	145
6.2.3. Антропогенные сдвиги в межкомплексных связях экосистем.....	147
6.3. Полисистемные модели разнообразия луговых фитоценозов.....	153

## Глава 7

<b>ПОЛИСИСТЕМНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО И УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОГОРНЫХ ЛУГОВ</b> (Комплексная дискретная модель).....	161
7.1. Интегральные параметры полисистемной организации и устойчивости природных комплексов.....	161
7.2. Основные черты полисистемного фитоценотического пространства.....	167
7.3. Иерархия полисистемных геоэкологических структур.....	169
7.3.1. Локальные структуры высотных поясов.....	169
7.3.2. Хорологическая структура высокогорно-луговой экосистемы.....	174
7.4. Структура экологических ниш и устойчивость луговых сообществ.....	179
7.4.1. Пересечение ниш как показатель конкурентных отношений фитоценозов.....	179
7.4.2. Устойчивость лугов в гидротермическом пространстве высотных поясов.....	184

## Глава 8

<b>КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫСОКОГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....</b>	<b>191</b>
8.1. Методы геоморфометрии в крупномасштабном экологическом картографировании.....	191
8.1.1. Геоморфометрия – наука о моделировании рельефа .....	191
8.1.2. Основные понятия геоморфометрии.....	192
8.1.3. Выявление связей между параметрами экосистем и рельефом.....	201
8.1.4. Картирование структурных и функциональных характеристик экосистем .....	202
8.2. Карты высокогорных лугов и параметров их состояния.....	205
8.2.1. Пространственная дифференциация параметров абиотической среды .....	207
8.2.2. Факторы варьирования некоторых фитоценологических характеристик .....	210
8.3. Влияние абиотических факторов на структуру высокогорных лугов.....	211
8.4. Распределение структурно-функциональных характеристик луговых сообществ .....	216

## Глава 9

<b>ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ (Эргодические модели) .....</b>	<b>218</b>
9.1. Понятие эргодичности гео(эко)систем .....	218
9.2. Первичные сукцессии луговой растительности .....	219
9.3. Антропогенные сукцессии субальпийских лугов .....	226
9.3.1. Характеристика растительности экспериментального полигона .....	226
9.3.2. Структуры субальпийских лугов в условиях пастбищного воздействия .....	228
9.3.3. Ретрогрессивные сукцессионные смены пастбищных горно-луговых фитоценозов .....	233
9.4. Экологический эффект последействия древнего земледелия .....	235
9.4.1. Растительность района исследований.....	236
9.4.2. Дифференциация луговой растительности по уровню эдафического увлажнения .....	237
9.4.3. Стадии пастбищной дигрессии лугов на сельскохозяйственных террасах.....	240

## Глава 10

<b>ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГОРНОГО КЛИМАТА НА ПОЛИМОРФИЗМ КАВКАЗСКОГО ТУРА (Информационная модель).....</b>	<b>244</b>
10.1. Индекс скрученности рогов как показатель полиморфизма тура .....	244
10.2. Построение информационной модели .....	247
10.3. Климатические ниши полиморфического показателя .....	251
10.4. О возрасте популяционной структуры кавказского тура.....	253

## Глава 11

<b>ОРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГОРНОЙ СТРАНЫ И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛАНДШАФТОВ (Информационная и геоморфометрическая модели) .....</b>	<b>257</b>
11.1. Понятие ороклиматической системы и способы ее формирования .....	257
11.2. Зональность как объект геоэкологического исследования.....	260
11.3. Первичная биологическая продуктивность в системе региональных связей .....	263
11.3.1. Построение карты продуктивности и краткий обзор ее содержания.....	263
11.3.2. Общая модель моносистемной организации региональных ландшафтов .....	275
11.4. Структура каналов связей и классификация горных ландшафтов .....	279
11.5. Ранжирование ландшафтов по их первичной биопродуктивности .....	282

## Глава 12

### ВЫСОКОГОРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В МЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ

(Эвристическое предпрогнозное моделирование) .....	286
12.1. Пути разработки ландшафтно-экологических прогнозов .....	286
12.2. Реакция природных экосистем и их компонентов на изменения климата .....	289
12.3. Солнечно-земные связи и их геоэкологическое значение .....	291
12.3.1. Солнечная активность и колебания климата .....	291
12.3.2. Связь колебаний климата с циркуляцией атмосферы .....	295
12.4. Основные черты ретроспективного экологического прогноза .....	297
12.5. Пространственно-временная иерархия экологических прогнозов .....	300
12.6. Дендрохронологическая модель локальных реакций субальпийских лесов на климатические колебания .....	304
12.6.1. Экологический аспект дендрохроноклиматической индикации .....	304
12.6.2. Анализ локального разнообразия дендрохронологических рядов .....	307
12.6.3. Локальные экологические эффекты гелиоклиматических воздействий .....	309
12.7. Общая картина прогнозируемых естественных колебаний климата .....	313
12.8. Субальпийские экосистемы в условиях климатических колебаний .....	315
12.8.1. Современная динамика климатических параметров .....	315
12.8.2. Прогнозные оценки изменений климата и состояния субальпийских экосистем .....	319

## Глава 13

### ПРОГНОЗ КЛИМАТА ГОРНОЙ СТРАНЫ ПО ГЛОБАЛЬНОМУ КЛИМАТИЧЕСКОМУ СЦЕНАРИЮ (Геоморфометрическая модель) .....

326

13.1. Обзор известных сценариев глобального антропогенного потепления .....	326
13.2. Региональная прогнозно-климатическая модель по глобальному сценарию E GISS .....	330
13.2.1. Расчет модели и построение климатических карт .....	330
13.2.2. Базовые климатические характеристики и их связь с рельефом .....	331
13.2.3. Основные черты регионального прогнозно-климатического сценария .....	335

## Глава 14

### ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ЛАНДШАФТНУЮ СТРУКТУРУ ГОРНОЙ СТРАНЫ (Региональная прогнозная модель) .....

341

14.1. Численный метод регионального ландшафтно-экологического прогнозирования .....	341
14.1.1. Идеологические основы метода .....	341
14.1.2. Установление климатических ниш прогнозируемых объектов .....	345
14.1.3. Расчет вероятностей ландшафтно-экологических переходов .....	347
14.1.4. Расчет скоростей прогнозируемых переходов .....	352
14.2. Прогнозные сценарии трансформации ландшафтов по модели E GISS .....	359
14.2.1. Устойчивость ландшафтов и общая картина их изменений .....	359
14.2.2. Система ландшафтно-экологических переходов .....	364
14.2.3. Региональный прогноз в картографическом выражении .....	369

## Глава 15

### ВЫСОКОГОРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ (Локальные прогнозные модели) .....

378

15.1. Локальный ландшафтно-экологический прогноз .....	378
15.1.1. О прогнозном направлении в топологии гео(эко)систем .....	378
15.1.2. Методология локальных экологических прогнозов .....	380
15.1.3. Два типа прогнозно-экологической стратегии .....	382

15.2. Хорометрическая прогнозная модель высокогорного пастбища .....	383
15.2.1. Расчеты локальных гидротермических условий .....	383
15.2.2. Построение локальной прогнозно-экологической модели .....	387
15.3. Иерархия систем прогнозируемых ландшафтных переходов.....	392
15.4. Прогнозные сценарии изменений высокогорных лугов .....	397
15.4.1. Локальная дифференциация фитоценологических переходов .....	397
15.4.2. Изменения продуктивности и кормовых качеств лугов.....	399
15.5. Картографическая прогнозная модель высокогорных лугов.....	402
15.6. Хронометрическая прогнозная модель высокогорного ущелья .....	408
15.6.1. Фитоценозы площадок микроклиматических наблюдений .....	409
15.6.2. Систематизация материалов наблюдений.....	413
15.6.3. Базовая хроноорганизация термоэдафотопов .....	419
15.6.4. Общая картина фитоценологических преобразований .....	421
15.6.5. Прогнозные сценарии трансформации фитоценозов .....	423

## *Глава 16*

<b>КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ВЫСОКОГОРНОЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ .....</b>	<b>430</b>
16.1. Общие положения .....	430
16.2. Моно- и полисистемная организация высокогорных экосистем.....	431
16.3. Структура пространственных связей и устойчивость экосистем.....	432
16.4. Методы картографического моделирования гео(эко)систем .....	434
16.5. Первичная биопродуктивность и пространственная организация горных ландшафтов .....	435
16.6. Региональная прогнозно-экологическая модель горной страны .....	436
16.7. Прогнозные сценарии изменений высокогорных ландшафтно-зональных систем.....	438
16.8. Хорометрический локально-экологический прогноз.....	438
16.9. Прогнозное геоэкологическое картографирование.....	439
16.10. Базовая хроноорганизация высокогорных экосистем.....	441
16.11. Хронометрический локально-экологический прогноз.....	442
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>444</b>
<b>АБСТРАКТ.....</b>	<b>446</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>452</b>
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>475</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ. АТЛАС ЦВЕТНЫХ КАРТ И ФОТОГРАФИЙ</b>	