

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ МЕЖКОМПОНЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ В ВУЛКАНИЧЕСКОМ ЛАНДШАФТЕ ОСТРОВА МАТУА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ)

Иванов А.Н., Подгорный О.М.,

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация. Проведен системный анализ межкомпонентных связей в вулканическом ландшафте о. Матуа (Центральные Курилы). Исследование выполнено на основе полевых материалов с использованием статистических методов (факторный, дисперсионный, корреляционный, регрессионный анализ, метод кросс-табуляции). Количественно подтверждено одно из эмпирических положений островного ландшафтоведения о слабой тесноте связей между природными компонентами. Статистические методы выявили, что на острове с активным вулканом корреляционные связи либо недостоверны, либо имеют крайне небольшие значения. На одной морфолитогенной основе могут формироваться разные экологические комбинации почвенного и растительного покрова. Ведущим фактором, определяющим основные особенности структурно-функциональной организации вулканических ландшафтов, является расстояние от кратера вулкана, сравнительно большое значение также имеет крутизна склонов.

Ключевые слова: остров, вулкан, межкомпонентные связи, статистические методы.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF INTERCOMPONENT RELATIONS IN THE VOLCANIC LANDSCAPE OF MATUA ISLAND (CENTRAL KURIL)

Ivanov A.N., Podgorny O.M.,

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow

Annotation. A systematic analysis of the inter-component relationships in the volcanic landscape of Matua island (Central Kuril Islands). The study was carried out on the basis of field materials using statistical methods (factorial, variance, correlation, regression analysis, cross-tabulation method). One of the empirical propositions of island landscape studies about the weak closeness of connections between natural components has been quantitatively confirmed. Statistical methods have revealed that correlations on the island with an active volcano are either unreliable or have extremely small values. Different ecological combinations of soil and vegetation cover can be formed on the same morpholithogenic basis. The distance from the volcano crater is a leading factor that determines the main features of the structural and functional organization of geosystems. The steepness of the slopes is also of relatively high importance.

Keywords: island, volcano, inter-component connections, statistical methods.

Введение. Одним из наиболее актуальных вопросов современного ландшафтоведения продолжает оставаться выявление и оценка межкомпонентных и межгеосистемных связей в геосистемах. Проблема была поставлена еще на ранних этапах развития науки и решалась вначале эмпирическими методами, позднее – с использованием математических и вещественно-энергетических моделей. К настоящему времени получены качественные и количественные характеристики связей для некоторых ландшафтов, установлено, что связи в геосистемах обычно не являются абсолютно жесткими, а имеют вероятностный характер, показано, что вариации тесноты связей могут быть выражены на уровне родов и видов ландшафтов, предложены региональные модели внутри- и межгеосистемных взаимодействий [6]. Тем не менее нерешенными остаются многие фундаментальные и прикладные вопросы, в

том числе количественная оценка тесноты межкомпонентных связей для разных уровней геосистемной иерархии и в разных природных условиях. Особенно актуально это для относительно нового научного направления – островного ландшафтоведения. Ранее при изучении островов во многих работах обращалось внимание на нечеткое проявление взаимосвязей между природными компонентами в условиях островной изоляции, хотя в материковых ландшафтах подобные связи были отчетливо выражены [1,4]. Часто это объяснялось молодостью островных экосистем, когда связи между компонентами еще не успели установиться. В ходе наших исследований также было высказано предположение, что одной из причин этого могут быть существенно разные показатели разнообразия морфолитогенной основы, образующей жесткий каркас ландшафтов, и разнообразия биоты, отличающейся на островах значительно пониженными значениями видового и фитоценотического разнообразия [2]. Цель настоящего исследования – анализ межкомпонентных связей, формирующихся в вулканическом ландшафте о. Матуа.

Материалы и методы. Остров Матуа находится в средней части Курильской гряды, площадь его составляет 52 км², максимальная высота (1446 м) связана с очень активным вулканом Сарычева, периодичность извержений которого в XX-XXI вв. составляет около 10-15 лет. В геосистемной иерархии остров соответствует рангу ландшафта в региональной трактовке термина, внутри которого выделяется три местности [3]. *Местность вулкана Сарычева* с вулканическими пустынями занимает более половины площади о. Матуа. Это наиболее молодая часть острова, сформировавшаяся 450-500 лет назад в результате образования современного вулкана Сарычева внутри кальдеры древнего вулкана Матуа. В структуре местности абсолютно преобладают неполные ПТК без почвенно-растительного комплекса. *Местность древних построек вулкана Матуа* занимает около трети площади острова. Это более древняя и разнообразная по морфологической структуре часть вулканического островного ландшафта. Верхняя толща отложений представляет почвенно-пирокластический чехол, слагаемый из переслаивающихся минерально-органогенных горизонтов почв и тефровых отложений, мощность чехла достигает 4-5 м. На большей части местности преобладают густые заросли ольховника, сочетающиеся с участками горных тундр и луговыми полянами. *Местность морских террас* локализована в юго-восточной части острова и занимает около 16% площади острова. Местность состоит из нескольких групп урочищ – низких (до 10 м), средних (до 25 м) и высоких морских террас (до 50-60 м). Преобладают субгоризонтальные поверхности, занятые ольховниками разнотравно-злаковыми и крупнотравными на грубогумусовых стратифицированных почвах, реже встречаются ПТК с разнотравно-злаковыми лугами и луго-тундрами на грубогумусовых типичных и перегнойных почвах.

Основой для статистического анализа являются 62 точки комплексного описания, охватывающих все доминантные урочища в пределах вулканического ландшафта. Каждая точка описывалась по стандартному набору из 36 переменных, объединенных в шесть блоков: рельеф, отложения, почва, растительность, территориальные переменные (расстояние до моря и до кратера вулкана) и интегральные показатели (фитоценоз, вид почвы, почвенно-растительный покров). Все исходные данные были разделены на две группы: количественные показатели, имеющие вид пространственных градиентов, и качественные, т.е. дискретные величины, разграничивающие отдельные свойства. Для дальнейшего анализа все качественные показатели были закодированы числами. На первом этапе все переменные были проверены на нормальность распределения (использовался графический метод, а также критерии Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка). В дальнейшем применялись различные виды статистического анализа: факторный, дисперсионный, корреляционный, регрессионный, кросс-табуляции. Расчеты проводились в программе STATISTICA 7.0.

Результаты и их обсуждение. Проверка нормальности распределения переменных на о. Матуа показала, что большинство количественных данных имеют нормальное распределение,

что обычно не свойственно природным комплексам [5]. Нормальность распределения переменных прежде всего свидетельствует о большом количестве факторов, влияющих на структурно-функциональные особенности исследованных геосистем и отсутствии одного доминирующего фактора. Этот вывод подтверждается также факторным анализом, который выявил два значимых фактора: у первого из них максимум описанной дисперсии составляет 28%, у второго – 22%. Факторы 3, 4, 5, 6 являются недостоверными, а доля описанной ими дисперсий существенно ниже по сравнению с первыми двумя факторами (табл. 1).

Таблица 1

Факторный анализ параметров природных комплексов о. Матуа (фрагмент)

Параметры	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Мощность органогенного горизонта, см	0,574	-0,513	0,086	0,393	0,345	-0,354
Высота травостоя, см	-0,270	-0,322	-0,832	-0,273	0,206	-0,119
Проективное покрытие травостоя, %	0,769	-0,241	-0,132	-0,113	0,112	0,554
Проективное покрытие мхов, %	0,243	0,576	-0,516	0,564	-0,155	0,032
Число видов растительности	0,266	0,738	0,066	-0,283	0,537	-0,108
Объясненная вариация	1,655	1,308	0,996	0,781	0,698	0,562
Общая вариация	0,276	0,218	0,166	0,130	0,116	0,093

Фактор 1 имеет сильную положительную связь с мощностью органогенного горизонта почв и с проективным покрытием травостоя, а также более слабую связь с проективным покрытием мхов и количеством видов в фитоценозе. Дополнительные корреляции с построением графиков показали, что фактор 1 имеет положительную связь с расстоянием до кратера вулкана и сильно отрицательную связь с крутизной. Из этого можно предположить, что фактором 1 является влияние вулкана, которое оценивалось через расстояние до кратера. Вывод подтверждается корреляционным анализом: связь между фактором 1 и расстоянием до кратера вулкана достоверна, но при этом значение коэффициента корреляции невелико ($r^2 = 0,30$).

Фактор 2 охватывает 22% доли описанной дисперсии. Имеет достоверную сильную отрицательную связь с проективным покрытием трав, видовым разнообразием фитоценозов и фактором 1. После корреляционного анализа фактора 2 с крутизной поверхности была получена достоверная связь с высоким коэффициентом корреляции (табл. 2), т.е. можно предположить, что в качестве фактора 2 выступает крутизна склона.

Таблица 2

Корреляция «фактора два» с различными параметрами природных комплексов

Показатели	Фактор 2
Крутизна склона	0,721
Количество почвенных горизонтов	-0,267
Мощность органогенного горизонта, см	-0,190

Глубина первого прослоя тефры, см	-0,211
Мощность тефры, см	0,134
Глубина первого погребенного почвенного горизонта, см	0,082
Мощность первого погребенного почвенного горизонта, см	0,258
Высота травостоя, см	0,400
Проективное покрытие травостоя, %	-0.655
Проективное покрытие мхов, %	-0.130
Количество видов в травяно-кустарничковом ярусе	-0,536
Расстояние до береговой линии, м	0,089
Расстояние до кратера вулкана, м	-0,392
Фактор 1	-0,679
Фактор 3	0,036

Таким образом, факторный анализ выявил два ведущих фактора ландшафтной дифференциации, которые были интерпретированы как расстояние от кратера вулкана и крутизну склона. Вместе с тем по максимальной доле описанной дисперсии двух главенствующих факторов и значению показателей факторного анализа можно утверждать, что факторов, явно доминирующих и определяющих состояние природных компонентов, на острове нет. Также относительно малые доли описанной дисперсии могут указывать на слабость связей между природными компонентами.

Дальнейший статистические анализы, включая корреляционный анализ, сопоставляющий попарно количественные переменные, показали наличие сильных корреляций только с факторами, перечисленными выше. При этом то малое количество корреляционных связей, являющихся достоверными, имеют очень невысокий показатель r^2 , колеблющийся в интервале от 0,1 до 0,2. Это подтверждает вывод о малой тесноте связей между природными компонентами на острове.

Использование метода кросс-табуляции, при котором сопоставляются попарно качественные переменные, показало, что из 90 составленных таблиц только 35 имеют достоверные показатели. Связи, которые отражены в таблицах, в основном являются связями между различными видами фитоценозов и почв. Общее количество достоверных таблиц на фоне большого числа недостоверных подтверждает вывод об относительно случайном распределении почвенно-растительного покрова и других переменных. При этом далеко не всегда выявлялась устойчивая связь между почвенным и растительным покровом, очень часто на одной разновидности почв могут произрастать несколько фитоценозов и наоборот. Очевидно, это связано с молодостью вулканических ландшафтов и разными характерными временами почв и растительных сообществ. Перманентные извержения вулкана Сарычева кардинально меняют набор геогоризонтов и приводят к тому, что растительность просто не успевает выступить как фактор почвообразования.

Заключение

Выявленная нормальность распределения у большей части количественных переменных в природных комплекса о. Матуа свидетельствует о влиянии множества разных факторов и отсутствии одного доминирующего. При этом два фактора, которые удалось выделить (влияние вулкана и крутизна склонов) относительно слабые, дисперсия составляет соответственно 28% и 22%. Прочие статистические методы отразили малое количество достоверных результатов и сильных связей и в целом показали малую тесноту связей между анализируемыми параметрами. Характерной особенностью вулканического ландшафта о. Матуа являются также слабые неустановившиеся связи между почвенным и растительным покровом. В целом проведенное исследование позволило количественно подтвердить

гипотезу о слабой тесноте связей между природными компонентами на островах, что особенно ярко проявляется в молодом вулканическом ландшафте.

Благодарности. Работа выполнена в рамках ГЗ «Пространственно-временная организация и эволюция ландшафтов в условиях глобальных изменений природной среды».

Литература

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 1989. Т. 1. – 667 с.
2. Иванов А. Н. Ландшафтные особенности Командорских островов // Изв. Русск. Географич. Общ-ва. – 2003. – Т. 135. Вып. 1. – С. 64-70.
3. Иванов А.Н. Особенности ландшафтной структуры острова Матуа (Центральные Курилы) // Изв. Русск. Географич. Общ-ва. – 2017. – Т. 149. Вып. 5. – С. 26-35.
4. Коломыц Э.Г., Сурова Н.А. Островные вулканические экосистемы в Тихоокеанском подвижном поясе как истоки формирования континентальной биосферы // Успехи современной биологии. – 2018. – Т. 138. – №1. – С. 31-56.
5. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. – М.: Изд-во «Академия», 2004. – 409 с.
6. Хорошев А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта. – М.: Товарищ-во научных изданий КМК, 2016. – 416 с.