

А. А. ФРОЛОВ, А. К. ЧЕРКАШИН
Институт географии СО РАН, г. Иркутск

ВЫСОТНЫЙ ГРАДИЕНТ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОЗОНАЛЬНОСТИ ЛАНДШАФТОВ И СЕРИЙНОСТИ ГЕОСИСТЕМ

На примере биогеоценозов (БГЦ) таежных геосистем методами корреляционного анализа и анализа главных компонент показано, что относительная высота является комплексным показателем серийности геосистем ландшафтного уровня, отражающим не только частные географические признаки, но и некоторую систему сопряжения участков ландшафта, и силу пространственных и типологических связей, отклоняющую конкретные фации от зональной нормы. С помощью комплексных показателей — главных компонент, коэффициентов корреляции и регрессии — выявлена функциональная зависимость наборов признаков БГЦ между собой и с относительной высотой местоположения.

Ключевые слова: склоновая микрозональность, относительная высота, серийность геосистем, метод главных компонент.

Using the biogeocenoses (BGC) of taiga ecosystems as an example, we employed the method of correlation analysis and the technique for analyzing the main components to demonstrate that a relative altitude is a complex indicator of serialness of landscape-level geosystems, reflecting not only the particular geographical signatures but also a certain system of conjugation of the portions of landscape and the force of spatial and typological connections that causes the concrete facies to deviate from zonal normal. Complex indicators: the main components, and the correlation and regression coefficients, were used to reveal a functional correlation of the sets of BGC signatures between themselves and with a relative altitude of the location.

Keywords: slope microzonality, relative altitude, serialness of geosystems, method of main components.

ВВЕДЕНИЕ

В ландшафтной науке по итогам дистанционных, маршрутных и стационарных исследований сформировались целостные концепции объяснения закономерностей строения, динамики и эволюции географических систем [1–7]. Выявленные знания главным образом основаны на качественном анализе наблюдаемых факторов, иллюстрированы функциональными и статистическими связями и частично подтверждены результатами многомерного статистического анализа [8, 9]. Вместе с тем наглядные количественные интерпретации фундаментальных географических законов отсутствуют по причине многофакторности и неоднозначности влияния географических условий на ландшафтообразующие процессы и результаты их реализации.

В связи с этим возникает проблема выявления и расчета комплексных физико-географических характеристик, позволяющих ранжировать геосистемы относительно друг друга и оценивать возможные изменения в их естественном порядке при разного рода колебаниях фоновой климатической среды и антропогенных воздействиях.

Вопросы внутри региональной и ландшафтной дифференциации рассматривались при изучении склоновой микрозональности [10], которая формируется как парагенетическая ландшафтная система, или катена, и где ландшафтно-геохимические процессы связывают различные части склона через вещественно-энергетический обмен. Ф. Н. Мильков [10] выделяет четыре ландшафтные микрозоны: приводораздельную, верхне-, средне- и нижнеклоновую. Он также различает высотные варианты микрозональности — микрозональность низменностей и возвышенностей.

На горных территориях Ф. А. Максютов [11] выделяет склоновые микрозоны ландшафтов среднегорий, низкогорий, а также горно-лесные, предгорно-лесные, пригорно-лесные микрозоны, связанные с высотной поясностью. Внутри высотного ландшафтного пояса выявляются свойственные ему склоновые микрозоны. Как известно, климатические и иные физико-географические параметры изменяются с высотой, обусловливая разнообразие ландшафтных микрозон, состава и продуктивности растительного покрова.

Градиенты внутри ландшафтной дифференциации даже при небольших перепадах высот сопоставимы с широтными градиентами физико-географических характеристик [5]. Эта закономерность обеспечивается существованием нескольких уровней высотной дифференциации геосистем: 1) внутри ландшафтной микрозональной; 2) высотно-поясной ландшафтной; 3) внутри региональной провинциальной; 4) региональной. В последнем случае физико-географические страны представлены массивами равнинных или горных территорий разного геологического возраста. Эти закономерности

хорошо проявляются в классификации геосистем в легенде карты ландшафтов Юга Восточной Сибири [12]. При этом региональная и высотно-поясная дифференциация фаций разных ландшафтов и их членение внутри ландшафтных геомов на группы фаций по степени серийности есть проявление видоизменяющего влияния местных факторов на геосистемы, наиболее близкие по характеристикам к геосистемам зональной нормы.

Зональные коренные геосистемы расположены на выложеных участках местности, мнимокоренные, как правило, — на склонах, серийные — в нижних частях склонов и долинах. Хотя серийность связана прежде всего с факторным влиянием, она напрямую коррелирует с особенностями склоновой микрозональности, определяющей изменение этих факторов. Поэтому даже небольшие градиенты высоты на уровне внутри ландшафтной (субгеомной) дифференциации порождают различия географических характеристик и их связей, и в этом смысле относительная высота является комплексным фактором, варьирование которого раскрывает содержание многих закономерностей ландшафтного знания.

Связь высоты рельефа, определяющей потенциальную энергию местоположения, с интенсивностью геоморфологических, гидрологических и почвообразующих процессов известна [13]. Предполагается, что высота влияет на изменение всех компонентов географических систем и на трансформацию всего природного комплекса, проявляясь в качестве гомотопического параметра (индекса), вдоль которого плавно преобразуются частные характеристики геосистем и скачкообразно меняется их типологическая принадлежность. Наличие такого индекса необходимо для моделирования и прогнозирования динамики и эволюции геосистем [14–16], где высота выступает в различных качествах: 1) постоянной характеристики местоположения над уровнем моря; 2) постоянной видовой характеристики каждого геома, выраженной в особенностях его высотного распределения в современный период; 3) переменной характеристики локального комплекса условий среды, варьирующей под влиянием фоновых климатических факторов; 4) степени отклонения свойств местной геосистемы от комплексного показателя коренной геосистемы, соответствующей зональной норме.

Настоящая статья посвящена обоснованию позиции 4, в соответствии с которой относительная высота, а точнее местные градиенты высоты, являются комплексными показателями серийности геосистем ландшафтного уровня. Для этого требуется показать, что степень сходства любой фации с коренной фацией геома коррелирует с относительной высотой в ландшафтах с горным и горно-равнинным рельефом.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обоснования гипотезы привлекались данные, полученные методом комплексной ординации [17] в ходе стационарных работ в районе Нижнего Приангарья на трансекте Приангарского южнотайшего стационара Института географии СО РАН в 1968–1975 гг. и описаний ландшафтного профиля, выполненных в августе 2000 г. на Олхинском плоскогорье Южного Предбайкалья [18], на примере территории которого решается задача моделирования и прогнозирования эволюционной динамики геосистем [14–16].

Исходными данными при изучении геосистем приангарской тайги послужили признаки биогеоценозов, полученные в ходе визуальных и инструментальных наблюдений, проведенных на 39 пробных площадях полигона-трансекта стационара (табл. 1 и 2; рис. 1) [8, 19]. Полигон площадью 23,2 га (2320×100 м) включает равнинные водоразделы (400–450 м над ур. моря; пробные площади 1–7, 36–39) и склоны (пл. 23–35), выпуклые трапповые поверхности (пл. 8–15), водосборные понижения (пл. 16, 19–22) и днище долины ручья (пл. 17–18). Они образуют систему местного водно-эрэзионного рельефа, осложненного геологическими факторами и мерзлотными проявлениями.

В соответствии с местоположением формируется специфический минеральный субстрат — от мощного, сильно выщелоченного покровного суглинка на плакорах до молодого (в геохимическом смысле) грубообломочного элювия трапповых тел, проходящих сквозь осадочную толщу. Почвы преимущественно средней степени оподзоленности со слаборазвитым гумусово-аккумулятивным горизонтом.

Растительному покрову свойственна многокомпонентность древостоя: темнохвойные породы — пихта (*Abies sibirica* Ledeb.), кедр (*Pinus sibirica* Du Tour.), ель (*Picea obovata* L.); светлохвойные — сосна (*Pinus sylvestris* L.), лиственница (*Larix sibirica* L.); мелколиственные — береза (*Betula verrucosa* Ehrn.), осина (*Populus tremula* L.). По числу стволов на всех пробных площадках преобладает пихта, но по запасу древесины нередко доминирует лиственница. Прослеживается смена лесообразующих пород — мелколиственных и светлохвойных темнохвойными породами, что связано с послепожарной восстановительной сукцессией, причем на плакорах темнохвойными породами вытеснялась преимущественно осина, на склонах — береза, а на траппах (пл. 8–9) — сосна и лиственница.

Таблица 1

Относительные значения (%) географических признаков состояния пробных площадей на полигоне-трансекте Приангарского южнотаежного стационара

| N | Характеристики | | | | | Географические признаки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------|---|---|---|----|-------------------------|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|----|
| | R, м | K | F | S | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | | |
| 1 | 0 | a | 1 | 0 | 61 | 16 | 90 | 21 | 0 | 0 | 86 | 10 | 100 | 100 | 100 | 0 | 13 | 27 | 0 | 38 | 100 | 65 | 2 | 3 | 8 | 4 | 52 | 35 | | |
| 2 | 30 | н | 1 | 0 | 60 | 11 | 87 | 21 | 96 | 95 | 70 | 14 | 30 | 9 | 7 | 8 | 4 | 33 | 33 | 93 | 15 | 8 | 45 | 28 | 3 | 0 | 9 | 48 | 43 | |
| 3 | 60 | н | 1 | 1 | 59 | 8 | 84 | 89 | 94 | 95 | 64 | 10 | 36 | 11 | 7 | 2 | 5 | 35 | 15 | 28 | 73 | 14 | 9 | 68 | 15 | 3 | 0 | 2 | 70 | 54 |
| 4 | 90 | н | 1 | 1 | 58 | 5 | 77 | 14 | 94 | 95 | 48 | 13 | 34 | 5 | 8 | 8 | 4 | 29 | 28 | 39 | 78 | 10 | 9 | 80 | 11 | 3 | 0 | 2 | 82 | 65 |
| 5 | 120 | н | 1 | 1 | 52 | 22 | 71 | 29 | 96 | 97 | 59 | 8 | 34 | 11 | 11 | 3 | 3 | 44 | 19 | 34 | 72 | 15 | 9 | 85 | 23 | 3 | 6 | 4 | 59 | 43 |
| 6 | 150 | н | 1 | 1 | 47 | 16 | 69 | 29 | 98 | 97 | 55 | 16 | 26 | 12 | 11 | 8 | 5 | 43 | 27 | 30 | 63 | 40 | 3 | 85 | 13 | 3 | 6 | 0 | 41 | 22 |
| 7 | 180 | н | 4 | 2 | 44 | 11 | 69 | 21 | 94 | 97 | 57 | 27 | 23 | 14 | 12 | 8 | 6 | 48 | 22 | 43 | 62 | 48 | 6 | 83 | 6 | 3 | 0 | 2 | 50 | 54 |
| 8 | 390 | н | 4 | 1 | 82 | 27 | 95 | 57 | 94 | 98 | 99 | 14 | 27 | 13 | 15 | 10 | 7 | 54 | 5 | 39 | 76 | 30 | 4 | 88 | 0 | 7 | 61 | 2 | 11 | 3 |
| 9 | 420 | с | 2 | 2 | 73 | 5 | 95 | 50 | 91 | 93 | 87 | 11 | 25 | 31 | 31 | 13 | 4 | 37 | 28 | 23 | 100 | 3 | 7 | 13 | 4 | 3 | 61 | 4 | 5 | 22 |
| 10 | 450 | с | 2 | 2 | 66 | 22 | 90 | 50 | 93 | 94 | 81 | 17 | 27 | 13 | 21 | 9 | 3 | 27 | 10 | 40 | 96 | 13 | 9 | 28 | 0 | 3 | 8 | 0 | 16 | 8 |
| 11 | 530 | с | 2 | 1 | 58 | 70 | 58 | 57 | 93 | 94 | 54 | 18 | 34 | 26 | 16 | 18 | 6 | 37 | 84 | 39 | 96 | 13 | 15 | 18 | 9 | 7 | 72 | 0 | 18 | 62 |
| 12 | 560 | с | 2 | 1 | 52 | 35 | 55 | 64 | 93 | 97 | 55 | 13 | 9 | 1 | 27 | 3 | 2 | 45 | 76 | 23 | 84 | 15 | 22 | 23 | 0 | 3 | 8 | 0 | 20 | 73 |
| 13 | 590 | с | 2 | 2 | 47 | 54 | 48 | 71 | 89 | 97 | 44 | 16 | 6 | 7 | 24 | 3 | 1 | 38 | 85 | 25 | 80 | 19 | 27 | 33 | 13 | 7 | 17 | 6 | 34 | 0 |
| 14 | 730 | с | 2 | 2 | 25 | 68 | 13 | 57 | 89 | 98 | 30 | 23 | 2 | 4 | 24 | 5 | 0 | 46 | 74 | 31 | 73 | 25 | 26 | 39 | 2 | 41 | 72 | 2 | 30 | 51 |
| 15 | 760 | с | 2 | 3 | 20 | 46 | 8 | 50 | 87 | 99 | 19 | 23 | 24 | 2 | 18 | 3 | 3 | 44 | 64 | 41 | 55 | 45 | 13 | 18 | 6 | 3 | 17 | 0 | 16 | 27 |
| 16 | 790 | с | 2 | 3 | 16 | 100 | 8 | 50 | 89 | 99 | 20 | 26 | 8 | 9 | 10 | 7 | 1 | 48 | 98 | 44 | 55 | 46 | 12 | 28 | 4 | 3 | 39 | 0 | 5 | 35 |
| 17 | 860 | с | 2 | 4 | 13 | 30 | 0 | 50 | 87 | 99 | 11 | 35 | 0 | 12 | 8 | 3 | 2 | 46 | 54 | 8 | 55 | 36 | 15 | 33 | 2 | 3 | 22 | 0 | 7 | 22 |
| 18 | 890 | н | 2 | 4 | 0 | 68 | 0 | 50 | 89 | 100 | 13 | 100 | 7 | 17 | 21 | 0 | 3 | 57 | 18 | 100 | 55 | 41 | 14 | 19 | 2 | 7 | 56 | 6 | 9 | 32 |
| 19 | 920 | н | 2 | 3 | 65 | 0 | 100 | 89 | 100 | 7 | 26 | 20 | 33 | 23 | 38 | 16 | 43 | 36 | 70 | 71 | 30 | 8 | 0 | 6 | 100 | 6 | 11 | 0 | 100 | |
| 20 | 1060 | с | 2 | 3 | 16 | 51 | 13 | 50 | 87 | 100 | 6 | 14 | 5 | 19 | 28 | 11 | 4 | 57 | 50 | 50 | 73 | 89 | 11 | 12 | 36 | 34 | 100 | 23 | 18 | 46 |
| 21 | 1090 | с | 2 | 3 | 19 | 30 | 13 | 50 | 89 | 99 | 15 | 11 | 0 | 5 | 8 | 5 | 3 | 59 | 22 | 45 | 73 | 95 | 8 | 28 | 17 | 21 | 19 | 32 | 9 | 81 |
| 22 | 1120 | с | 2 | 3 | 21 | 51 | 16 | 50 | 89 | 99 | 17 | 14 | 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 50 | 100 | 47 | 74 | 100 | 11 | 38 | 68 | 10 | 28 | 62 | 39 | 62 |
| 23 | 1150 | с | 3 | 2 | 24 | 49 | 18 | 57 | 89 | 99 | 28 | 10 | 4 | 0 | 3 | 8 | 3 | 64 | 54 | 31 | 64 | 76 | 7 | 51 | 26 | 45 | 3 | 100 | 9 | 84 |
| 24 | 1360 | с | 3 | 2 | 36 | 32 | 42 | 43 | 89 | 99 | 14 | 31 | 37 | 0 | 5 | 13 | 4 | 61 | 66 | 65 | 74 | 96 | 15 | 70 | 100 | 21 | 69 | 38 | 48 | 86 |
| 25 | 1390 | с | 3 | 3 | 39 | 57 | 45 | 50 | 96 | 99 | 0 | 60 | 18 | 13 | 10 | 18 | 9 | 100 | 11 | 56 | 68 | 71 | 12 | 88 | 70 | 14 | 11 | 96 | 16 | 65 |
| 26 | 1420 | с | 3 | 3 | 42 | 43 | 48 | 50 | 98 | 99 | 1 | 31 | 17 | 16 | 9 | 22 | 5 | 96 | 58 | 44 | 68 | 67 | 10 | 75 | 66 | 62 | 67 | 62 | 27 | 41 |
| 27 | 1450 | с | 3 | 3 | 44 | 27 | 50 | 50 | 98 | 98 | 73 | 21 | 14 | 10 | 8 | 21 | 6 | 58 | 68 | 21 | 66 | 71 | 11 | 86 | 83 | 45 | 25 | 66 | 34 | 49 |
| 28 | 1480 | с | 4 | 2 | 46 | 22 | 50 | 50 | 100 | 98 | 23 | 16 | 11 | 7 | 22 | 9 | 59 | 61 | 26 | 64 | 92 | 12 | 86 | 51 | 10 | 11 | 98 | 50 | 68 | |
| 29 | 1710 | н | 4 | 3 | 55 | 27 | 69 | 21 | 98 | 98 | 38 | 31 | 9 | 12 | 4 | 16 | 7 | 66 | 21 | 38 | 59 | 61 | 12 | 92 | 11 | 0 | 6 | 28 | 16 | 43 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|---|---|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|----|---|----|----|-----|
| 30 | 1820 | а | 1 | 2 | 64 | 19 | 84 | 7 | 98 | 98 | 86 | 17 | 20 | 9 | 6 | 37 | 14 | 41 | 15 | 21 | 79 | 49 | 2 | 98 | 2 | 0 | 17 | 0 | 3 |
| 31 | 1850 | а | 1 | 2 | 68 | 16 | 90 | 0 | 94 | 95 | 91 | 14 | 33 | 9 | 11 | 18 | 7 | 29 | 0 | 37 | 93 | 15 | 2 | 32 | 4 | 3 | 8 | 0 | 5 |
| 32 | 1880 | н | 4 | 2 | 70 | 24 | 92 | 0 | 94 | 94 | 87 | 17 | 32 | 11 | 9 | 25 | 6 | 32 | 9 | 14 | 92 | 6 | 2 | 100 | 98 | 7 | 83 | 4 | 100 |
| 33 | 2000 | а | 4 | 2 | 76 | 0 | 95 | 0 | 96 | 94 | 100 | 18 | 34 | 8 | 11 | 28 | 11 | 43 | 4 | 0 | 91 | 1 | 0 | 47 | 83 | 3 | 44 | 0 | 2 |
| 34 | 2010 | а | 4 | 1 | 81 | 11 | 92 | 0 | 93 | 94 | 100 | 9 | 31 | 11 | 21 | 21 | 7 | 29 | 7 | 14 | 93 | 0 | 1 | 46 | 21 | 3 | 44 | 2 | 18 |
| 35 | 2040 | а | 1 | 1 | 85 | 14 | 95 | 7 | 96 | 94 | 97 | 16 | 34 | 10 | 8 | 27 | 9 | 21 | 12 | 11 | 96 | 13 | 0 | 28 | 15 | 3 | 22 | 9 | 27 |
| 36 | 2070 | а | 1 | 0 | 86 | 19 | 90 | 7 | 93 | 94 | 84 | 9 | 29 | 13 | 7 | 20 | 3 | 25 | 6 | 21 | 96 | 8 | 3 | 48 | 0 | 3 | 28 | 4 | 50 |
| 37 | 2180 | н | 1 | 0 | 96 | 27 | 95 | 14 | 94 | 94 | 83 | 4 | 37 | 11 | 7 | 12 | 3 | 35 | 9 | 28 | 76 | 19 | 5 | 31 | 4 | 3 | 11 | 34 | 46 |
| 38 | 2210 | н | 1 | 0 | 98 | 78 | 100 | 21 | 93 | 93 | 90 | 0 | 24 | 6 | 3 | 9 | 4 | 33 | 14 | 25 | 91 | 30 | 6 | 40 | 13 | 3 | 64 | 26 | 20 |
| 39 | 2240 | а | 1 | 0 | 100 | 30 | 100 | 21 | 93 | 93 | 90 | 3 | 29 | 1 | 0 | 11 | 3 | 48 | 6 | 21 | 90 | 3 | 7 | 48 | 2 | 3 | 28 | 2 | 14 |

Примечание. N — номера пробных площадок; R — расстояния от центров пробных площадок на полигоне-трансекте; K — переменные состояния биогеоценозов, по А. А. Краулису [5]; а — активизация, н — нормализация, с — стагнация; F — стадии эндотенного возрастного цикла биогеоценозов, по Э. Н. Фалалееву [20]: I — молодняка (подроста) — перестойности, 2 — средневозрастности — разрушения, 3 — прислевания — окончательного распада, 4 — возобновления — спелости; S — серийность фазции: 0 — коренная, 1 — полукоренная, 2 — мнимокоренная, 3 — полусерийная, 4 — серийная. 1—26 (географические признаки) см. в табл. 2.

Таблица 2

Список признаков с указанием их минимальных и максимальных значений

| Номер в табл. 1 | Признаки | max | min | Номер в табл. 1 | Признаки | | | Номер в табл. 1 |
|-----------------|---|------|------|-----------------|--|------|-----------------|-----------------|
| | | | | | max | min | Номер в табл. 1 | |
| 1 | Относительная высота, м | 59 | 1 | 14 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 2 | Суммарная радиация под пологом леса, кал/см ² ·мин | 0,44 | 0,07 | 15 | Отмершая напочвенная органика, ц/га (сырой вес) | 1400 | 300 | |
| 3 | Суточные минимумы температуры воздуха, °С | 11,3 | 7,5 | 15 | Зеленая биомасса мха, ц/га | 14,3 | 1,1 | |
| 4 | Суточные максимумы температуры воздуха, °С | 20,2 | 18,8 | 16 | Зеленая биомасса травянистого покрова, ц/га | 8,5 | 0,3 | |
| 5 | Суточные минимумы относительной влажности воздуха, % | 59 | 52 | 17 | Фенологическое состояние генеративных органов травянистых растений | 96 | 60 | |
| 6 | Суточные максимумы относительной влажности воздуха, % | 94 | 88 | 18 | Фенологическое состояние вегетативных частей травянистых растений | 40 | 3 | |
| 7 | Температура почвы на глубине 20 см, °С | 9,1 | 2,2 | 20 | Густота леса, количество деревьев, тыс./га | 6,1 | 1,6 | |
| 8 | Влажность почвы в слое 0–20 см, мм | 225 | 67 | 21 | Обилие пихты, м ² /га | 27 | 4 | |
| 9 | pH подстилки | 6 | 4,8 | 22 | Количество, тыс. шт/га: | | | |
| 10 | pH почвы в слое 0–20 см | 5,8 | 4,2 | 23 | всходов пихты | | | |
| 11 | pH почвы в слое 30–40 см | 6,2 | 4,5 | 24 | всходов ели | | | |
| 12 | Гумусированность почвы в слое 0–20 см, % | 5,1 | 1,5 | 25 | проростков кедра | | | |
| 13 | Гумусированность почвы в слое 30–40 см, % | 2,3 | 0,5 | 26 | живого подроста | | | |
| | | | | | сухого подроста | | | |

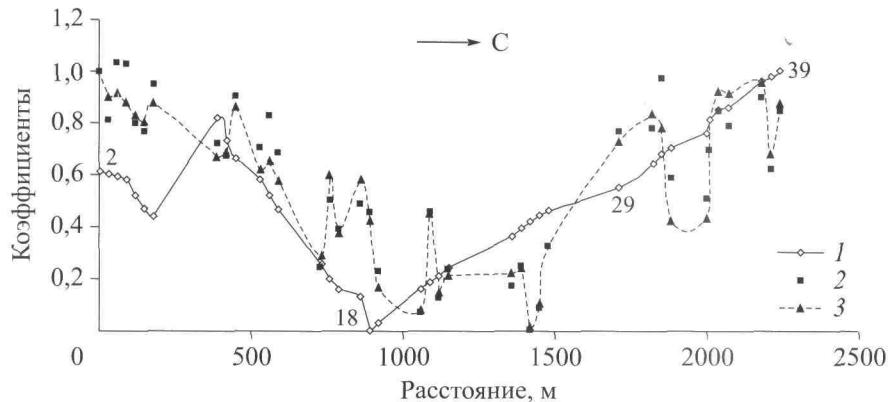


Рис. 1. Изменение вдоль полигона-трансекта значений относительной высоты (1), коэффициента a_{ki} (2), коэффициента корреляции r_{1i} (3). Цифры на графике — номера пробных площадок.

Ландшафтная структура исследуемого участка состоит из различающихся по устойчивости и динаминости фаций. Она представлена коренной фацией, формирующейся на плакорах, которой противостоят серийные фации, приуроченные к динамичным местоположениям: к пойме ручья (аллювиально-гидроморфная фация, пл. 18), водосборным понижениям (гидроморфная, пл. 17), подножиям придолинных склонов (криогидроморфная, пл. 16), на траппах (литоморфная, пл. 8). В зависимости от интенсивности влияния факторов местоположения выделяются факторально-динамические ряды, отражающие связи между коренной плакорной и серийными фациями.

На территории полигона-трансекта представлены фации, относящиеся к трем геомам [19]. Однако правильней считать (на это обращает внимание В. Б. Сочава [4]), что фации объединяются в один южнотаежный геом трех классов фаций по числу факторальных рядов: пихтовой тайги с субнеморальными элементами субгидроморфных фаций на равнинах; кедрово-пихтовой тайги с горнотаежными элементами на трапповых возвышениях сублитоморфных фаций; кедрово-еловых лесов с котловинными элементами субкриоморфных фаций (пл. 19). Коренная фация геома формируется на выровненных плакорных местоположениях на мощных хорошо дренируемых суглинистых подзолистых почвах и представлена темнохвойной пихтовой тайгой, восстановливающейся после пожаров через смену осиновых лесов.

В восстановительно-возрастной динамике тайги прослеживается несколько экзогенных и эндогенных стадий развития, которые в зависимости от интенсивности абиотических и биотических процессов подразделяются на стадии активизации, стагнации и нормализации [5]. В эндогенном цикле пихтовой тайги Э. Фалалеев [20] выделяет несколько стадий совмещения процессов восстановления и самоизреживания древостоя.

Полигон-трансект захватывает четыре композиции топогеосистем, отражающие на местности пространственно-функциональные системы уровня микрогоехор (урочищ). Водосборная композиция приурочена к пологим склонам водосборных понижений, в которую входят различные фации преимущественно субгидроморфного ряда (пл. 23–35). Другая микрогоехора — трапповая — приурочена к участку структурно-денудационного рельефа (8–15) и представлена фациями сублитоморфного ряда. К третьей композиции (16–22) относится долинная микрогоехора, формирующаяся преимущественно аллювиально-гидроморфными и криогидроморфными сериями, связанными с ручьем и с микротермным режимом подножий придолинных склонов. Приплакорная микрогоехора (пл. 1–7, 36–39) из-за мощного воздействия эрозионных процессов на междуречье представлена в основном субгидроморфными и сублитоморфными рядами фаций и в меньшей степени — коренными плакорными фациями.

Исходные данные по пробным площадям полигона-трансекта представлены в табл. 1. Они собраны вместе и публикуются впервые, представляя собой уникальную информацию¹ для количественного сравнительно-географического анализа на локальном (топологическом) уровне. Количественный анализ исходных данных проводился для выявления неоднородности местного географического пространства, для чего вычислялись параметры варьирования признаков биогеоценозов (БГЦ)

¹ Измерения и количественные учеты в поле и лаборатории осуществили Г. Н. Григорьев (показатели радиационного и теплового режима), Э. М. Злобина (динамика растительного покрова), А. А. Крауклис (ландшафтные показатели, запас фитомассы, количественное описание), Л. К. Кремер (микроклиматические показатели, количественный учет), Г. П. Топоркова (запас фитомассы), А. К. Черкашин (обилие возобновления и подроста, динамика древостоев, первичная обработка всей информации).

на пробных площадях полигона-трансекта, определялись сходство и различие между ними по характеру локального варьирования их признаков. Описание признаков проводилось по средним величинам, полученным на основе измерений, выполнявшихся в шести местах на каждой пробной площади. Суммарная радиация под пологом леса на каждой площади измерялась в 60 пунктах.

Характеристики древостоя получены путем пересчета всех деревьев (с диаметром больше 2 см) на пробной площади. Подрост и возобновление учитывались по микротрансектам $2 \times 50 \text{ м}^2$ внутри площадей. Показатели состояния древостоя, кислотности (рН) и гумусированности почвы и относительной высоты поверхности определялись только один раз. Остальные показатели, имеющие выраженный сезонный ход, измерялись три раза в летний период, затем данные усреднялись для того, чтобы характеризовать тот период, когда суточная температура воздуха была выше 10°C [8].

При начальной обработке данных для сопоставления разноразмерных признаков x_i их значения нормировались по формуле (1, а):

$$\text{а) } f_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}}, \quad \text{б) } x_{ij} = f_{ij}(x_{i \max} - x_{i \min}) + x_{i \min}, \quad (1)$$

где x_{ij} — размерное значение j -го признака на i -й пробной площади с минимальным $x_{i \min}$ и максимальным $x_{i \max}$ значениями этого признака по трансекту; f_{ij} — соответствующая ему безразмерная величина, которая измеряется от 0 до 1. В табл. 1 значения f_{ij} выражены в процентах, т. е. представлены показателями $f_{ij} \cdot 100\%$. Уравнение (1, б) определяет обратный пересчет из относительных единиц f_{ij} в абсолютные x_{ij} . Такие преобразования удобны для графического представления данных (см. рис. 1), но при этом часть информации (вариации) данных теряется, что сказывается на результатах статистического анализа.

Таежные геосистемы Предбайкалья изучались² на трансекте, расположенному в бассейнах рек Каторжанка и Мал. Шумиха (юг западного побережья оз. Байкал) [21]. На профиле протяженностью 3000 м с юга на север через 10 м проводились однотипные визуальные описания рельефа, древостоя, подроста, подлеска, травянистого и мохового покрова (68 признаков), а через 50 м — структуры почвенного профиля.

Рельеф территории исследования — среднегорный (750–800 м над ур. моря), склоны расчленены падями и небольшими ложбинами. В пределах района развиты разнообразные метаморфизованные породы архея и протерозоя. Преобладают карбонатные толщи (мраморы), переслаивающиеся с гнейсами, кальцифираторами и амфиболитами. В горнотаежном поясе распространены дерновые лесные и дерново-подзолистые почвы, в долинах и ложбинах — мерзлотно-луговые. Растительности территории Южного Предбайкалья также свойственна многокомпонентность состава древостоя. В состав коренных лесообразующих пород входят пихта, кедр, а в долинах — ель. Кустарники представлены преимущественно рябиной (*Sorbus sibirica* Hedi.), ольхой (*Alnus sibirica* L.), кустарнички — рододендроном (*Rhododendron dauricum* L.), дущекией (*Duschekia fruticosa* Rupr.), брусникой (*Vaccinium vitis idaea* L.), черникой (*Vaccinium myrtillus* L.). Под пологом темнохвойных лесов формируется травянистый и зелено-мошный покров.

Горный характер рельефа обусловил ландшафтную структуру района с высокой степенью контрастности. Наибольшую площадь исследуемого участка занимает горнотаежный геом темнохвойных лесов ограниченного развития, также встречаются фации геома лиственничных лесов оптимального развития. Преобладают фации сублитоморфного факторально-динамического ряда, на характеристики которых накладываются факторы дополнительного и избыточного увлажнения на склонах и в заболоченных долинах. Коренные фации формируются на выложеных приводораздельных поверхностях и представлены темнохвойными елово-кедрово-пихтовыми лесами на дерновых лесных суглинистых почвах. Формирование коренных темнохвойных лесов на плакорах после пожаров и рубок идет через осиновые леса, с возрастом заменяемые долгоживущими светлохвойными древостоями из сосны и лиственницы, под пологом которых формируются темнохвойный подрост и древостой. На склоновых участках с дополнительным увлажнением в динамике лесов прослеживается та же тенденция, но вместо осиновых древостоеов сначала формируются березовые леса.

Фации горнотаежного геома темнохвойных лесов ограниченного развития Южного Предбайкалья по основным признакам аналогичны классу сублитоморфных фаций, распространенных северней южнотаежного геома, но различаются набором характеристик коренных фаций, формирующихся на плакорах разного высотного положения в соответствующих ландшафтах. Особенности этих местных проявлений зональных норм должны рассматриваться в качестве эталонов сравнения при количественном анализе пространственных данных.

² В исследовании принимали участие сотрудники Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН А. К. Черкашин, А. Д. Китов, И. Н. Владимиров, Е. А. Истомина, С. И. Мясникова, А. В. Мядзелец, С. В. Солодянкина и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Местные количественные взаимосвязи географических фаций в Приангарье ранее выделялись методами корреляционного анализа и главных компонент (МГК) [22] на основе ковариационной матрицы части из перечисленных признаков [8]. В момент этой обработки еще не были собраны данные по возобновлению и мелкому подросту на пробных площадках (21–26). Корреляционная матрица рассчитывалась по схемам: 1 — варьирования признаков в биогеоценозах (пл. 1–39); 2 — варьирования биогеоценозов по признакам (1–20), нормированным по формуле (1, а). При реализации алгоритма МГК сравнения данных проводились по схеме 1.

Корреляционный анализ позволил выделить две четко различающиеся по месту положения плеяды биогеоценозов: приводораздельную и придолинную. Ядро корреляционной связи определяют линейная зависимость высоты положения БГЦ над днищем долины, температура и относительная влажность воздуха в ночные часы. Эти связи отражают физический процесс местного движения приземного воздуха при его ночном охлаждении. Корреляционный анализ позволил разместить биогеоценозы в последовательности связей внутри плеяд [8]. Применение МГК подтвердило важность признаков, связанных с высотой и обилием пихты. Они формируют первый и второй собственные векторы (главные компоненты — ГК), учитывающие 90 % вариации нормированных величин.

Статистическое исследование по МГК было нами повторено на расширенном наборе исходных разноразмерных признаков, но без учета собственно высоты, чтобы исключить ее влияние на результат статистического анализа. Для определения собственных значений и векторов использовалась не ковариационная, а корреляционная матрица, в которой все признаки автоматически центрируются относительно средних значений и нормируются при делении на величину среднеквадратичного отклонения.

По результатам использования МГК первый ГК (34,6 % учтенной вариации) определяется связанными с рельефом абиотическими факторами: ночной температурой воздуха ($r = 0,929$), температурой верхнего слоя почвы (0,930) и суточным максимумом влажности воздуха (-0,920). Второй ГК (17,0 %) коррелирует с суточным минимумом влажности воздуха (0,750) и с обилием пихты (0,728). Третий ГК (13,0 %) связан с влажностью (0,742) и кислотностью (0,798) почвы. Четвертый ГК (6,4 %) зависит от количества всходов кедра (0,789). Компоненты с 5-го по 8-й (16,0 %) определяются ($r > 0,5$) характеристиками наземного покрова: количеством живого подроста пихты, всходов ели и биомассой травянистого покрова.

Перечисленные ГК исчерпывают 87 % изменчивости исходных геосистемных признаков. По этим результатам подавляющее влияние на пространственные особенности местоположения геосистем оказывают абиотические факторы, связанные с рельефом, а временные аспекты передаются различием обилия пихты в подросте и древостое, идентифицирующие разные стадии сукцессии и влияющие на состояние других компонентов геосистем. Таким образом, использование в МГК корреляционной матрицы и учет показателей возобновления позволяет увеличить разнообразие пространства варьирования признаков и разбить их по расположению в пространстве двух первых ГК на несколько самостоятельных групп причин и следствий влияния факторов освещенности, тепло- и влагообеспеченности, плодородия почвы.

Поиск корреляции r_{ki} между БГЦ основывается на гипотезе существования линейной зависимости признаков

$$f_{ij}((t_i, h_i)) = a_{ki} f_{kj}((t_k, h_k)) + b_{ki}, \quad (2)$$

где $f_{ij}((t_i, h_i))$, $f_{kj}((t_k, h_k))$ — относительные значения j -го признака на пробных площадях i и k -го биогеоценозов, находящихся на высотах h_i , h_k и возрастных стадиях t_i , t_k соответственно; a_{ki} , b_{ki} — коэффициенты линейного уравнения. Значения $f_{ij}((t_i, h_i))$, $f_{kj}((t_k, h_k))$ рассчитаны по формуле (1, а) при $x_{i\min} = 0$ (нормирование по максимальной величине). Все БГЦ сравниваются с базовым БГЦ на пл. 1 ($k = 1$): $f_{ij}((t_i, h_i)) = a_{1i} f_{1j}((t_1, h_1)) + b_{1i}$. Это БГЦ коренной плакорной фации пихтовой тайги, расположенный на высоте $h_1 = 36$ м и находящийся на стадии $t_1 = 1$ «подроста — перестойности».

Коэффициент a_{1i} уравнения (2) и коэффициент корреляции r_{1i} изменяются сходным образом (см. рис. 1): $a_{1i} = 0,99r_{1i} + 0,015$, $r = 0,96$. Величина коэффициентов изменяется параллельно изменению высоты. На графике явно выделяются группы придолинных (пл. 14–28) и приводораздельных (пл. 1–13, 29–39) БГЦ. Первые слабо коррелированы с базовым БГЦ (пл. 1), вторые имеют прочную связь с показателями пл. 1. Зависимость r_{1i} от визуально оцениваемого показателя серийности S_i (см. табл. 1) близка к линейной $S_i = -4,15r_{1i} + 4,98$, $r = 0,70$. Коэффициент $a_{1i} = \partial f_{ij} / \partial f_{1j}$ — это чувствительность изменения признаков i -го БГЦ к изменению признаков базового БГЦ. Связь этого показателя с коэффициентами корреляции и относительной высотой показывает, что долинные фации менее чувствительны к зональным изменениям, индицируемым коренными фациями.

Рис. 2. Соответствие изменений относительной высоты (1) и коэффициента корреляции (2) связи БГЦ для Южного Предбайкалья.

A и *B* — высотные зоны.

Примем за основу коэффициент r_{li} для всех признаков (кроме высоты) и сравним его со значением корреляционной связи между БГЦ только по части признаков. Признаки приземного воздуха и почвы (2–14) на 78,7 % повторяют r_{li} при $r = 0,70$ для зависимости от высоты. Характеристики древостоя и наземного покрова (15–26) дают 96,0 % сходства при $r = 0,64$, а без древостоя — 95,7 % при $r = 0,65$. В итоге признаки наземного покрова хорошо индицируют высоту и серийность на уровне значимости не ниже 95 %.

Важность информации о наземном покрове для идентификации серийности подтверждается и данными по Южному Предбайкалью (рис. 2). Коэффициент корреляции между показателями r_{li} , рассчитанными по всей совокупности данных и по параметрам наземного покрова, равен 0,84. Кривая высот коррелирована ($r = 0,74$) с изменением коэффициента корреляции r_{li} связи показателей разных БГЦ, полученных по всем признакам, кроме высоты. За основу сравнения приняты БГЦ на приводораздельной поверхности *A*. С этими БГЦ связаны БГЦ на склонах высотной зоны *A*, и степень этой связи в основном повторяет кривую высот. Однако в зоне *B* реализуются другие закономерности, что интерпретируется как переход на другой нижележащий плакорный уровень. Разность высотных уровней соответствует примерно 130–150 м. Проявляющаяся склоновая микрозональность реализуется в высотном слое такой мощности.

Структура микрозональности уточняется с помощью МГК — в пространстве первых ГК выделяется три группы БГЦ (рис. 3): *A* — приводораздельная, *B* — склоновая (расстояние 450–1450 м), *B* — нижесклоновая (0–450 м). Последняя соответствует переходу на новый плакорный уровень высотной зональности. Хотя перепад высот составляет 141 м, между группами *A* и *B* просматриваются множественные связи (см. рис. 3).

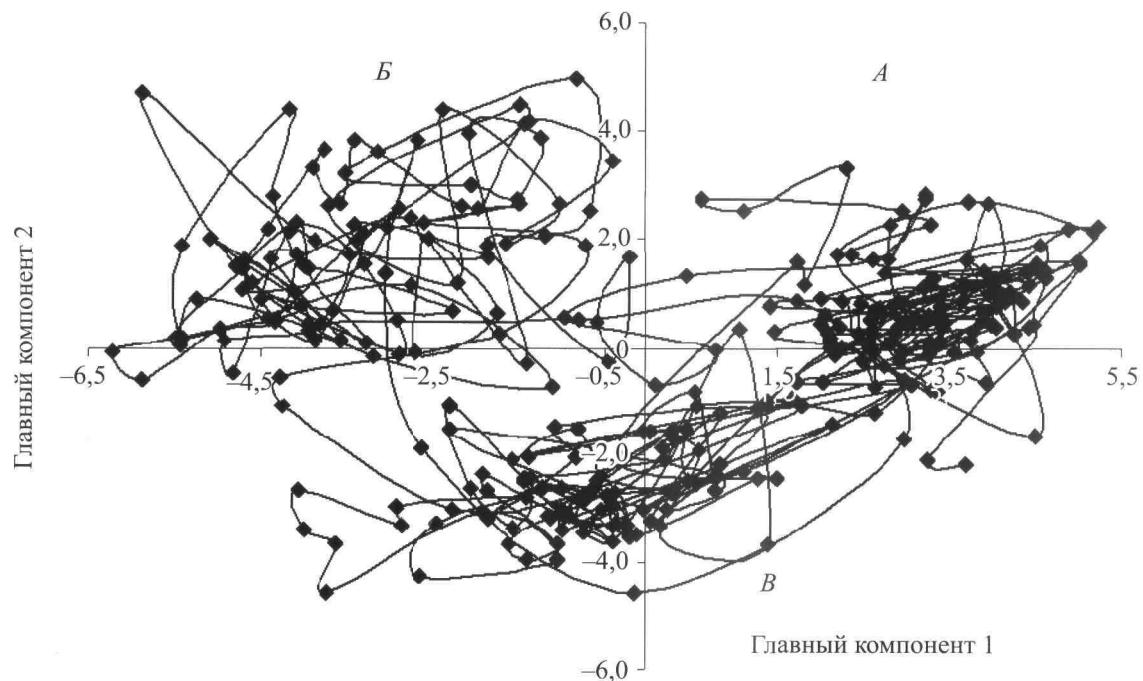
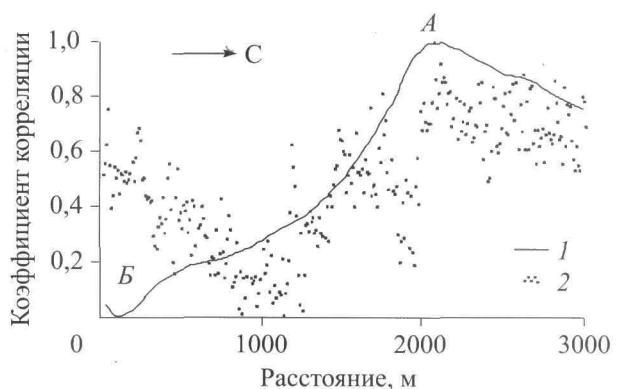


Рис. 3. Расположение БГЦ в пространстве первого и второго собственных векторов. Точки соответствуют БГЦ, линии — их последовательности на трансекте.

Группы БГЦ: *A* — приводораздельная, *B* — склоновая, *B* — нижесклоновая.

Набор данных по трансекту характеризуется высокой неоднородностью. Первый ГК учитывает только 13,2 % изменчивости информации, второй — 6,6 %. Основными факторами первого ГК являются: обилие пихты ($r = 0,76$) и березы ($-0,78$) во втором ярусе древостоя, участие в подросте пихты (0,71), состояние древостоя (0,64), проективное покрытие из травянистых растений ($-0,66$), участие в моховом покрове зеленых мхов (0,68) и средний прирост подроста кедра в высоту ($-0,61$). Значение ($-0,66$) имеет также то, какая мелколиственная порода является лесообразующей.

Второй вектор определяется средним приростом подроста пихты в высоту ($-0,52$), но преимущественно показателями состояния мохового покрова: среднее (0,64), минимальное (0,46) и максимальное (0,50) значение проективного покрытия мохового покрова на площади описания, участие в моховом покрове долгих (0,52) и зеленых (0,51) мхов. Третий вектор (5,5 % вариации) учитывает участие в первом ярусе (0,40) и средний диаметр (0,44) мелколиственных пород, обилие подлеска ($-0,50$), обилие хвоющей — индикатора влажности ($-0,45$) и мощность гумусового горизонта ($-0,40$) почвы.

В итоге ведущими признаками, определяющими сходство БГЦ с БГЦ коренных фаций являются доли в древостое пихты и мелколиственных пород, участие в подросте пихты и текущий прирост подроста в высоту, проективное покрытие и состав травянистого и мохового покрова, почвенные характеристики. Поскольку между значениями первого ГК и коэффициентом r_{ij} связи БГЦ существует высокая корреляция ($r = 0,94$), совокупное изменение признаков, отраженное в r_{ij} , связано с высотой местоположения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Склоновая микрозональность рассматривается в качестве одной из основных закономерностей пространственной дифференциации в географии, проявляющей и определяющей разнообразие свойств компонентов геосистем — минерального субстрата, водных масс, почвы, растительности [23]. По этой причине в ходе продолжающихся отраслевых исследований ландшафтов полученные результаты прежде всего объясняются гипсометрическими уровнями положения изучаемых объектов в рельфе, их топогенной определенностью [24–28]. Это важное основание для сравнительно-географического анализа участков территорий и объяснения своеобразия их покомпонентных признаков.

В работе А. А. Крауклиса и В. Н. Евдокимовой [8] методами корреляционного анализа и выделения главных компонент сравниваются отдельно ряды географических признаков и ряды биогеоценозов. Полученные результаты позволяют типизировать по корреляционному сходству признаки и БГЦ. Однако авторы не были удовлетворены результатами статистического анализа в силу недостаточного варьирования значений выбранных признаков и слабой контрастности местных условий, что выразилось в демонстрации главной закономерности изменения БГЦ от водоразделов к долине, т. е. в зависимости от изменения формы местного рельефа и относительной высоты его поверхности. Для преодоления этого недостатка потребовалось совместить материалы стационарных исследований со специальными работами на обширных ключевых участках, усовершенствовав список учитываемых признаков и методы их предварительной обработки.

Проведенный статистический анализ показывает, что даже без учета высоты и явно коррелированных с ней ландшафтных признаков, степень корреляционного подобия конкретных БГЦ биогеоценозам коренных фаций изменяется с относительной высотой местоположения. Это значит, что высотный градиент в субрегиональной геосистеме (геоме или ландшафте) отражает не только собственно географические признаки, а выражает некоторую систему сопряжения участков ландшафта и силу пространственных и типологических связей, отклоняющую конкретные фации от зональной нормы. Это показатель серийности, связанный с ландшафтным микрозонированием [29]. Поскольку серийность развертывается по факторальным рядам фаций, соответствующих классам фаций, то локальной типологической системой проявления градиента высоты является геом, объединяющий фации разных классов (рядов).

За границами геома и соответствующего ему ландшафта прослеживается уже высотная поясность. В приангарской тайге перепады высот незначительны и геомно-фациальная структура изменяется только в горизонтальных направлениях, тогда как в Южном Предбайкалье с глубоко расчлененным рельефом прослеживается вертикальная дифференциация, градиент которой равен 130–150 м. Это значение примерно соответствует температурному градиенту 1,5 °C, что можно считать амплитудой устойчивости геосистем уровня геома при анализе пространственных последовательностей и прогнозировании изменений природных режимов при потеплении климата.

Предложенный А. А. Крауклисом и В. Н. Евдокимовой [8] метод сравнения БГЦ по всей совокупности нормированных признаков весьма эффективен, если высоту считать комплексным фактором, идентифицирующим сходство коренных и факторно-измененных геосистем, а значит — индексом,

отражающим отличие набора ландшафтных признаков конкретной геосистемы от признаков коренной геосистемы в геоме. В приангарской тайге выделяются две группы серийности и соответствующих микрозон — приводораздельная и придолинная, соответственно объединяющие коренные и полукоренные, серийные и полусерийные фации. На территории Олхинского плоскогорья прослеживается третья самостоятельная склоновая микрозона группы мнимокоренных фаций.

Таким образом, явление серийности геосистем имеет смысл рассматривать с позиций степени их функционального подобия коренным геосистемам и друг другу в пределах ареала соответствующего геома. Тогда система участков (БГЦ) ландшафта интерпретируется как геокомплекс, выразителем которого является функциональная зависимость набора признаков компонентов БГЦ и относительная высота местоположения, лежащая в основе сходства и различия геосистем и отражающая их разные связи с помощью комплексных показателей — главных компонент, коэффициентов корреляции и регрессии, что рассчитываются по этим наборам признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мильков Ф. Н. Ландшафтная география и вопросы практики. — М.: Мысль, 1966. — 256 с.
2. Калесник С. В. Общие географические закономерности земли. — М.: Мысль, 1970. — 283 с.
3. Преображенский В. С. Беседы о современной географии. — М.: Наука, 1972. — 168 с.
4. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 319 с.
5. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтования. — Новосибирск: Наука, 1979. — 233 с.
6. Ретеюм А. Ю. Земные миры. — М.: Мысль, 1988. — 266 с.
7. Солницев Н. А. Учение о ландшафте (избранные труды). — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. — 384 с.
8. Крауклис А. А., Евдокимова В. Н. Опыт количественного описания натурной модели // Природные режимы и топогеосистемы Приангарской тайги. — Новосибирск: Наука, 1975. — С. 246–269.
9. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. — М.: Академия, 2004. — 416 с.
10. Мильков Ф. Н. Основные географические закономерности склоновой микрозональности ландшафтов // Склоновая микрозональность ландшафтов. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1974. — С. 5–11.
11. Максютов Ф. А. Ландшафтная дифференциация склонов на Южном Урале и в Приуралье // Склоновая микрозональность ландшафтов. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1974. — С. 68–73.
12. Михеев В. С., Ряшин В. А. Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта, м-б 1:1 500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
13. Джеррард А. Дж. Почвы и формы рельефа. — Л.: Недра, 1984. — 208 с.
14. Фролов А. А., Черкашин А. К. Эволюционное картографирование изменчивости геосистем Предбайкалья // Устойчивое развитие территории: теория ГИС и практический опыт. — Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2007. — Т. 2. — С. 177–184.
15. Фролов А. А., Черкашин А. К. Эволюционное геоинформационное моделирование и картографирование // Геодезия и картография. — 2009. — № 6. — С. 40–45.
16. Фролов А. А. Прогнозное картографирование изменений ландшафтной структуры Прибайкалья при потеплении климата // Геодезия и картография. — 2010. — № 9. — С. 27–32.
17. Сочава В. Б., Волкова В. Г., Дружинина Н. П. и др. Метод комплексной ординации в ландшафтования и биогеоценологии // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. — 1967. — Вып. 14. — С. 3–17.
18. Предбайкалье и Забайкалье / Отв. ред. В. С. Преображенский, М. И. Помус, В. Б. Сочава. — М.: Наука, 1965. — 492 с.
19. Крауклис А. А. Природные режимы и топогеосистемы // Природные режимы и топогеосистемы Приангарской тайги. — Новосибирск: Наука, 1975. — С. 7–13.
20. Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. — М.: Лесн. пром-сть, 1964. — 166 с.
21. Геоинформационная система управления территорией / Отв. ред. А. К. Черкашин. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 151 с.
22. Сошникова Л. А., Тамашевич В. Н., Уебе Г., Шеффер М. Многомерный статистический анализ в экономике. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. — 598 с.
23. Мильков Ф. Н. Общее землеведение: Учебник. — М.: Высш. шк., 1990. — 335 с.
24. Шамшева В. Ф., Кулижский С. П., Танзыбаев М. Г. Топогенные закономерности распределения почв в озерных котловинах Хакасии // Современные проблемы почвоведения в Сибири: Материалы Междунар. науч. конференции. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. — Т. 2. — С. 474–478.
25. Каллас Е. В. Микрокольцевая поясность озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины и ее отражение в гумусовом профиле почв // Геоэкологические проблемы почвоведения и оценки земель. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. — Т. 2. — С. 275–283.
26. Русанов А. М., Милякова Е. А. Роль ландшафтной асимметрии в формировании почв и почвенного покрова Предуралья // Вестник Омского ун-та. — 2005. — № 4. — С. 108–113.
27. Русанов А. М., Коваль М. А. Влияние склоновой асимметрии на свойства почв и почвенного покрова оренбургского Предуралья // Вестник Омского ун-та. — 2006. — № 4. — С. 111–114.

28. Бондарь Ю. Н. Выделение типов условий местопроизрастания древостоя на основе анализа морфометрических величин // География, геоэкология, геология: Материалы Междунар. науч. конференции. — Днепропетровск: Изд-во ДНУ, 2007. — С. 15–18.
29. Исаченко Т. И. О картографировании серийных и микропоясных рядов в долинах и озерных котловинах // Геоботаническое картографирование. — Л.: Наука, 1967. — С. 42–57.

Поступила в редакцию 23 марта 2011 г.