

## Ландшафтно-экологическая организация зональных географических пространств

Эрланд Георгиевич КОЛОМЫЦ  
доктор географических наук, ведущий научный сотрудник  
egk2000@mail.ru

Пушкинский научный центр РАН, Институт фундаментальных проблем биологии,  
Пушино, Россия

**Аннотация.** На примере Восточно-Европейской (Русской) равнины рассмотрены механизмы формирования дискретных ландшафтных объектов в системе непрерывных вещественно-энергетических полей зональных геопространств. Главное внимание уделено зональным границам – традиционному для отечественного ландшафтоведения объекту исследования. Установлено, что важнейшим имманентным свойством ландшафтной организации вблизи зональных рубежей является более сильная территориальная взаимосвязанность видов ландшафтов, а также более высокая по сравнению с «ядрами типичности» природных зон пространственная упорядоченность ландшафтных ареалов. Это одна из главных причин повышенной чувствительности зональных экотонов к фоновым климатическим сигналам. Полученный эмпирический вывод не подтверждает традиционные умозрительные представления о более высокой пространственной организации гео(эко-)системы в ее «ядре». Повышение роли локальных факторов до уровня зонально-региональных – характерная черта периферии природной зоны, где климатический фон достигает критических значений. Пространственная литогенно обусловленная упорядоченность ландшафтов на зональной границе есть необходимое условие устойчивости самой границы. С помощью симметричных операций с системой ортогональных центральных мест представлена модель самоорганизации ландшафтно-зональных геопространств. Модель описывает механизмы преломления климатического фона геоморфологическими и гидроэдафическими факторами. Рассмотрены основные «пусковые» механизмы формирования зональной границы при взаимодействии фоновых климатических сигналов и их преломлении локальными (преимущественно литогенными) факторами. Диффузность пограничной полосы обусловлена ее гистерезисными свойствами. Найдена относительная мера критичности состояния приграничных ландшафтов и установлена степень потенциальной и реальной контрастности зонального рубежа. Выявленная функциональная система формирования зональной границы может рассматриваться как возможный механизм дифференцированных сдвигов зональных рубежей при ожидаемых глобальных изменениях климата.

**Ключевые слова:** бореальный экотон, природная зона, зональная граница, факторы ландшафтообразования, меры упорядоченности географического пространства, парагенетическое расстояние, зоноформирующие факторы

**Для цитирования:** Коломыц Э.Г. Ландшафтно-экологическая организация зональных географических пространств // Тихоокеанская география, 2024. № 3. С. 23–41. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2024\\_19\\_2](https://doi.org/10.35735/26870509_2024_19_2).

# Landscape-ecological organization of zonal geographical spaces

Erland G. KOLOMYTS

Doctor of Geographical Sciences, Leading research associate  
egk2000@mail.ru

Pushchino Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Basic Biological Problems, Pushchino, Russia

**Annotation.** The mechanisms of formation of discrete landscape objects in the system of continuous material-energy fields of zonal geospaces are considered using the East European (Russian) Plain as an example. The main attention is paid to zonal boundaries as traditional object of study for Russian landscape science. It is established that the most important immanent property of the landscape organization near zonal boundaries is a stronger territorial interrelation of landscape types, as well as a higher spatial orderliness of landscape areas compared to the “cores of typicality” of natural zones. This is one of the main reasons for the increased sensitivity of zonal ecotones to background climatic signals. The obtained empirical conclusion does not confirm traditional speculative ideas about a higher spatial organization of the geo(eco-)system in its “core”. An increase in the role of local factors to the level of zonal-regional ones is a characteristic feature of the periphery of a natural zone, where the climatic background reaches critical values. Spatial lithogenically conditioned ordering of landscapes on the zonal boundary is a necessary condition for the stability of the boundary itself. Using symmetry operations with a system of orthogonal central places, a model of self-organization of landscape-zonal geospaces is presented. The model describes the mechanisms of refraction of the climatic background by geomorphological and hydroedaphic factors. The main «trigger» mechanisms of zonal boundary formation are considered during the interaction of background climatic signals and their refraction by local (mainly lithogenic) factors. The diffusion of the boundary band is due to its hysteresis properties. A relative measure of criticality of the state of border landscapes is found and the degree of potential and real contrast of the zonal boundary is established. The revealed functional system of zonal boundary formation can be considered as a possible mechanism of differentiated shifts of zonal boundaries under expected global climate changes.

**Keywords:** boreal ecotone, natural zone, zonal borders, the factors of landscape formation, streamlines of geographical space, paragenetic distance

**For citation:** Kolomyts E.G. Landscape-ecological organization of zonal geographical spaces. Pacific Geography. 2024;(3):23-41. (In Russ.). [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2024\\_19\\_2](https://doi.org/10.35735/26870509_2024_19_2).

## Введение

Понятие географического пространства развивалось вместе с теоретической базой и терминологическим аппаратом самой географии. Определяемое изначально как некоторая «... совокупность мест действия» природных и социальных явлений [1, с. 9], это понятие в дальнейшем существенно углублялось. В современной трактовке географическое пространство есть множество объектов земной поверхности, состоящих из отдельных элементов, которые обладают определенными субстратными свойствами и многоканальными территориальными связями – как внутренними, так и внешними [2–4, и др.]. При этом каналом связи может служить любая среда, передающая сигнал воздействия от фактора к явлению [5].

Зональность как универсальное явление пространственной организации биосферы известна человечеству еще с античных времен. Научные представления о природной зональности разрабатывались не одним поколением зарубежных и отечественных естествоиспытателей.

тателей прежде всего в области географии растений, среди которых особенно важен вклад А. Гумбольдта, В.В. Алехина, Г. Вальтера. Однако учение о комплексной (ландшафтной) зональности приобрело вид законченной концепции в известных трудах В.В. Докучаева. В географической зональности он видел высшую форму взаимосвязанного функционирования структурных частей биосферы [6]. Это концептуальное положение получило дальнейшее развитие в фундаментальных работах [7–11] о зональных ландшафтных комплексах и вещественно-энергетических факторах и процессах, определяющих географическую зональность. Л.С. Берг [12, с. 210] был, по-видимому, первым, кто охарактеризовал географические зоны как ландшафтные, подчеркнув тем самым глубокое единство понятий «ландшафт» и «природная зона».

Следует особо подчеркнуть тесную связь последующего совершенствования теории зональности как общепланетарного биоклиматического явления с развитием ландшафтоведения, а затем и геоэкологии, что отобразило общую тенденцию сближения географии и экологии. Экологический подход позволил существенно расширить рамки такого уже традиционного объекта физической географии, как природная зональность [13, 14]. В структуре и функционировании зональных типов ландшафтов и природных экосистем, прежде всего, в сложности строения фитобиоты и ее продуктивности, видится проявление высшей формы организации биосферы. В этой организации ведущую роль играют климатическая и фитогеографическая составляющие поверхностного звена физико-географического процесса, по А.А. Григорьеву, которые осуществляют наиболее глубокие межкомпонентные взаимодействия и обеспечивают максимальное возможное в данных условиях использование биотой ресурсов абиотической среды, с выработкой соответствующих механизмов устойчивости гео(эко-)систем. Тем самым создается наиболее оптимальная для биоты форма устойчивого, взаимообусловленного функционирования компонентов биосферы [15]. В явлении зональность мы видим «... целостную картину возможно большего числа различных, но связанных между собою особенностей природной среды» [16, с. 151]. Эту феноменальную особенность зональной формы организации биосферы весьма образно изложил сам В.В. Докучаев [17, с. 320]: «Большой аналогии, большого параллелизма, большей связи и генетического сродства ... и – даже, так сказать мировой сопомощи и любви между отдельными стихиями и отдельными царствами природы нельзя и требовать ...».

Современная теория зонального строения биосферы и ее частей допускает сосуществование различных форм частной (компонентной) и ландшафтной зональности: равнинной (горизонтальной) и горной (высотной), широтной и меридиональной, парагенетической и парадинамической [18], а также экспозиционной, в том числе циркуляционной, соляной и ветровой, и так называемой дислокационной зональности – формы наиболее сложного сочетания зоноформирующих факторов [19]. В настоящем сообщении рассматриваются те свойства зонального геопространства равнин, которые выражены территориальной упорядоченностью региональных ландшафтов как в «ядре типичности» природной зоны (подзоны), по терминологии [13], так и на ее периферии, включая и саму зональную границу.

Объектом исследования является система природных зон Восточно-Европейской (Русской) равнины, входящая в субпланетарное биоклиматическое образование – *бореальный экотон Северной Евразии* [14, 20]. Он представляет собой обширную пограничную полосу между бореальным (преимущественно таежнолесным) и суббореальным (лесостепным и степным) поясами. При этом граница между подтаежной зоной и подзоной северной лесостепи (широколиственных лесов) выделяется как Главный ландшафтный рубеж Русской равнины [18]. Трансконтинентальный бореальный экотон является векторной (коннекционной) гео(эко-)системой наиболее высокого поясного ранга, с контрастностью геофизических и геохимических полей, с повышенным напряжением природных взаимодействий, с резко выраженными горизонтальными ландшафтными связями и функциональной целостностью. Латеральные геопотоки (водные, воздушные, литодинамические, биогенные) создают на бореальном экотоне пространственно упорядоченные системы самых различных уровней иерархии – от природной зоны до ландшафтной фации.

## Стратегия научного поиска

Предметом исследования являются механизмы территориальной организации ландшафтно-зональных геопространств, создаваемых транзитными, т.е. функционально-динамическими, геокомпонантами, но состоящих из структурных единиц (видов, родов и типов ландшафтов), выделяемых по фиксированным компонентам – консервативным (литогенным) и почвенно-биотическим. Основная цель научного поиска состоит в выявлении причинно-следственных связей и отношений между структурными элементами регионального уровня и факторами их формирования, т.е. тех связей, которые объединяют эти элементы в единое целое – ландшафтно-зональное геопространство [4]. Тем самым предстоит осуществить «переход от территориального комплекса к системе...» [21, с. 123]. Этот переход должен означать смещение акцентов с генетической взаимообусловленности геокомпонентов к их функциональной упорядоченности.

Необходимо установить характер и степень влияния гидро-климатических факторов, определяющих «лицо» зональных геопространств, на пространственную упорядоченность низших классификационных ландшафтных единиц – видов ландшафтов, выделяемых в качестве исходных элементов этих пространств. Тем самым следует выявить системообразующую роль факторов зональности на уровне видов (и групп видов) ландшафтов.

Организация зональных геопространств тесно связана с территориальным распределением и соотношением их экологических ниш. Применительно к региональным экосистемам правомерно использовать представление об экологической нише как об области некоторого пространства жизненно важных факторов среды [22]. Это понятие вполне допустимо распространять и на биотические сообщества разных видов, и в таком случае «мы можем ... генерализовать понятие и пространство ниши ... Принципиальная основа концепции остается той же» [23, с. 99]. Различные сочетания экологических ниш видов ландшафтов образуют множество экологических пространств вышестоящих по рангу геосистем зонально-регионального уровня.

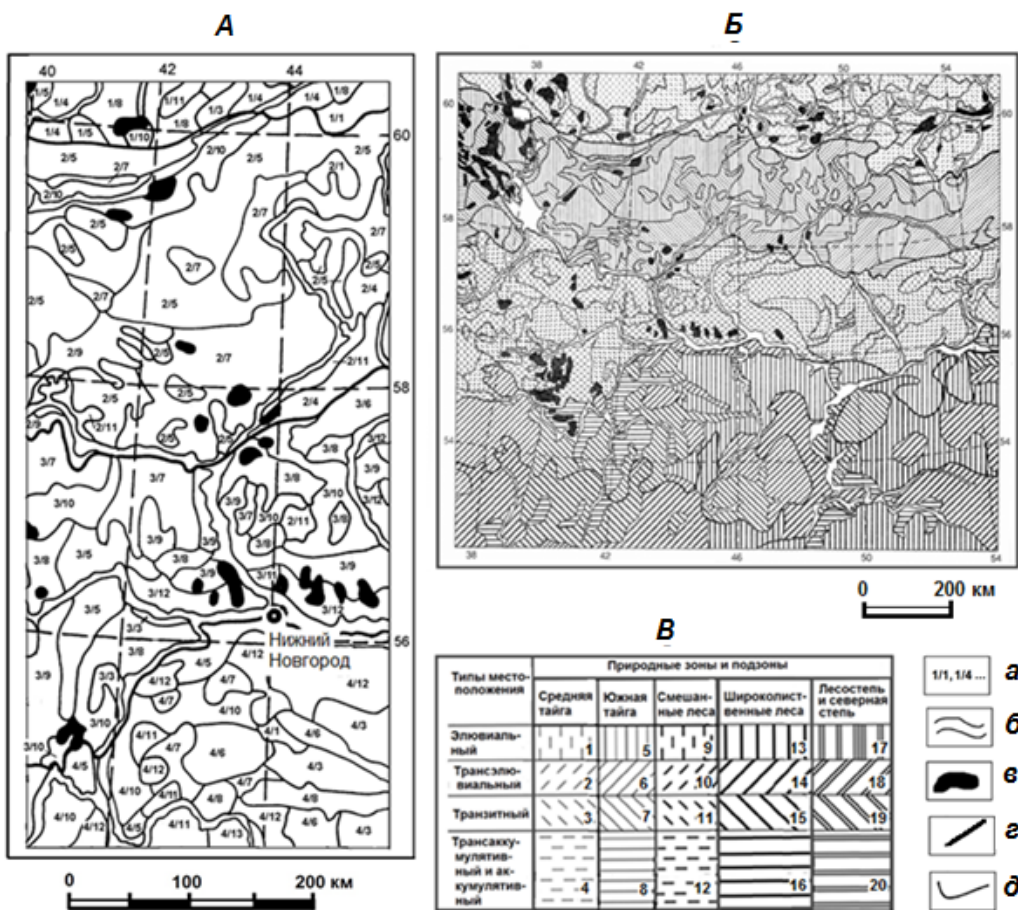
Для видов ландшафтов экологические ниши фитобиоты создаются субрегиональным и локальным преломлением зонального климатического фона (главным образом влиянием мезо- и микрорельефа, а также литологии и механического состава почвообразующего субстрата). Если не считать плакорных видов ландшафтов, здесь мы имеем дело с литогенными нишами топологического уровня, которые, однако, также могут быть выражены гидро-термическими характеристиками. Пространственная мозаика этих ниш обусловлена известным эффектом взаимозаменяемости экологических факторов [24], в данном случае – заменой климатических факторов литогенными, так или иначе связанными с палеогеографической «памятью» ландшафта.

### **Экологические принципы формирования ландшафтно-зональных геопространств**

Анализ соотношений «ядра» (центра) и периферии составляет один из традиционных методических приемов изучения организации биологических и географических объектов. Хорошо известна экологическая триада, которая включает некоторый оптимум (центр) значений фактора для существования вида, популяции, сообщества и два крайних пессимума (минимальное и максимальное значения фактора), характеризующих критические состояния объекта и пределы его толерантности к данному фактору [18, 22].

Исходная информация для анализа снималась с построенной В.П. Юниной в масштабе 1 : 2500000 ландшафтной карты (рис. 1, А) и 25 созданных нами карт ландшафтно-геофизических условий основного водосбора Волжского бассейна и его окружения [20]. Ландшафтная карта создавалась на основе известных мелкомасштабных геоморфологических, почвенных и геоботанических карт, а также выборочных полевых исследований. В основу

классификации ландшафтов и соответствующей легенды к ландшафтной карте положена классификационная система [25], которая учитывает основные ландшафтообразующие факторы и закономерности формирования ландшафтов на региональном уровне. Классификационными объединениями наиболее высокого ранга приняты *зональные группы*, соответствующие зональным подразделениям суши. Сочетание зональных и секторных (связанных с континентальностью климата) критериев позволило выделить *зонально-секторные типы и подтипы ландшафтов*. На нижних ступенях классификации определяющими критериями служат субрегиональные и локальные признаки литогенного фактора. По генезису, общим чертам морфогенетических комплексов рельефа и их возрасту выделяются *роды ландшафтов*, т.е. их генетические группы (эрозионно-денудационные, моренные, зандровые и т.д.). Литологический и механический состав почвообразующих пород и формы мезорельефа, а также почвенно-растительные признаки предопределили выделение *видов ландшафтов*.



**Fig. 1.** Фрагмент ландшафтной карты (А), а также карта групп ландшафтов (Б) основного водосбора Волжского бассейна, с легендой (В).

Условные обозначения: а – обозначения видов ландшафтов; в числителе – номер зоны или подзоны (1 – средней тайги, 2 – южной тайги, 3 – подтайги, 4 – широколиственных лесов); в знаменателе – номер родов ландшафтов; б – ландшафты речных долин; в – болотные ландшафты; г – границы природных зон и подзон; д – границы видов ландшафтов (на карте А) и групп ландшафтов (на карте Б). 1–20 – порядковые номера групп ландшафтов

**Fig. 1.** A fragment of a landscape map (A), as well as a map of landscape groups (B) of the main catchment area of the Volga River basin, with a legend (B)

Прежде всего необходимо было установить относительный вклад ландшафтов разного вида в природно-территориальную мозаику зональных геопространств. С этой целью было использовано отношение инцидентности  $F(A,B)$  каждой пары видов ландшафтов А и В, имеющих соседство первого порядка [26]. Отношение инцидентности равно:

$$F(A,B) = Q(A,B) / P(A,B), \quad (1)$$

где  $Q(A,B)$  – фактическая вероятность (встречаемость) совместного расположения ареалов А и В, а  $P(A,B)$  – ожидаемая вероятность их случайного контактирования в предположении их полной независимости друг от друга. При этом [27]:

$$Q(A,B) = P(A) \cdot P(B, A) = (P(B) \cdot P(A/B)) = [2 \cdot L(A,B)] / \sum_{n=1}^N L(A,B); \quad (2)$$

$$P(A,B) = P(A) \cdot P(B); \quad P(A) = [2 \sum_{n=1}^m L(A)] / [\sum_{n=1}^N L(A,B)];$$

$$P(B) = [2 \sum_{n=1}^m L(B)] / [\sum_{n=1}^N L(A,B)]. \quad (3)$$

Здесь  $P(A)$  и  $P(B)$  – априорные вероятности границ ландшафтов соответственно видов А и В, а  $P(B/A)$  и  $P(A/B)$  – условные вероятности появления границ. В качестве вероятностей рассчитывались относительные значения сумм длин границ:  $L(A)$  и  $L(B)$  – суммы длин границ соответственно видов А и В;  $L(A,B)$  – сумма их совместных границ;  $m$  – число соседств ландшафтов данного вида с другими видами;  $N$  – общее число соседств между всеми видами ландшафтов.

Согласно [26], положительная корреляционная связь ландшафтных ареалов имеет место при  $F(A,B) > 1$  и отрицательная – при  $F(A,B) < 1$ . Сумма всех  $F(A,B)$  по каждому виду ландшафтов рассматривается как обобщенная мера его центральности в системе территориальных связей.

Наши расчеты показали, что во всех природных зонах Русской равнины для подавляющего числа видов ландшафтов  $F(A,B) < 1$ . Весьма низким оказалось также значение  $\sum F(A,B)$ . Следовательно, во всех природных зонах бореального экотона ни один вид ландшафта не является доминантом и не составляет каркас природно-территориальной структуры. Все виды – ее рядовые, равноправные члены, с достаточно случайным распределением ареалов. Последнее указывает на то, что ландшафтная текстура природных зон и подзон формируется почти исключительно литогенной основой, в том числе палеогеографическими факторами, и не подчинена сколько-нибудь заметно процессам латерального вещественно-энергетического обмена.

Тем не менее необходимо было добиться, чтобы в облике основных операционных единиц (видов ландшафтов) более четко отражались зонально-региональные особенности фоновой биоклиматической системы. Для этого была проведена «экологизация» ландшафтной карты. Все виды ландшафтов Волжского бассейна (61 вид) объединялись в 20 *типологических групп ландшафтов*, согласно методике [28]. Это достаточно высоко-ранговые единства, идущие вслед за классами и подклассами ландшафтов и различающиеся по типам водного и геохимического режимов, степени дренированности территории, а также морфолито-динамическими процессами (рис. 1, *Б, В*). Для их выделения использованы два признака: 1) зональная принадлежность и 2) региональный тип местоположения [29]: эловяльный (Э), трансэловяльный (ТЭ), транзитный (Т), трансаккумулятивный (ТА) и аккумулятивный (А).

Каждая типологическая группа ландшафтов диагностируется входением в ту или иную природную зону (подзону) и типом местоположения, а также производным от этих исходных признаков свойством – соотношением факторов «литоморфность–гидроморфность», которые замещают друг друга при смене типов местоположений на мезокатенах (табл. 1). В итоге удалось кратко охарактеризовать наиболее важные черты каждой

типологической группы ландшафтов и сблизить ранги рассматриваемых нами ландшафтных единиц с единицами растительного покрова. Таковы, например, 5-я типологическая группа южнотаежных пихтово-еловых элювиальных гидро-литоморфных ландшафтов, или 14-я группа широколиственнолесных трансэлювиальных литоморфных ландшафтов, и т.д.

**Таблица 1**

Распределение групп ландшафтов Волжского бассейна в системе координат биоклиматической зональности, геоморфологических и почвенно-эдафических условий

**Table 1.** Distribution of landscape groups of the Volga basin in the coordinate system of bioclimatic zonality, geomorphological and soil-edaphic conditions

Природные зоны и подзоны	Типы местоположений	Факторально-динамический тип эдафотопы				
		гидроморфный	субгидроморфный	гидролитоморфный	сублитоморфный	литоморфный
средняя тайга	Э			1*)		
	ГЭ			2		
	Т		3			
	ТА-А	4				
Южная тайга	Э			5		
	ГЭ		6	6		
	Т		7	7		
	ТА-А	8				
Смешанные леса	Э			9	9	
	ГЭ					10
	Т		11	11		
	ТА-А	12	12			
Широколиственные леса	Э					13
	ГЭ					14
	Т			15	15	
	ТА-А		16			
Лесостепь и северная степь	Э					17
	ГЭ					18
	Т				19	
	ТА-А			20		

\*) 1 ÷ 20 – порядковые номера групп ландшафтов (см. рис. 1, В).

Для количественной характеристики ландшафтной текстуры использована шенноновская информационная мера разнообразия ( $H_i$ ):

$$H_i = - \sum_{j=1}^N P_j \cdot \log_2 P_j. \quad (4)$$

Здесь  $P_j$  – вероятность  $j$ -й морфологической единицы ландшафтной структуры (в данном случае это отношение ее площади к общей площади рассматриваемой территории), выраженное в долях 1;  $N$  – общее число морфологических единиц. Мера разнообразия максимальна тогда, когда все морфологические части равновелики (равновероятны). Этот максимум зависит только от числа морфологических частей и определяется по формуле Хартли:

$$H_{max} = \log_2 N. \quad (5)$$

Представление о степени территориальной неупорядоченности  $i$ -го объекта  $K(n/y)_i$  дает следующее соотношение параметров  $H_i$  и  $H_{max}$  :

$$K(n/y)_i = 1 - H_i / H_{max}. \quad (6)$$

Коэффициент неупорядоченности зонально-региональных геопространств тем выше, чем существеннее различие в значениях того или иного признака слагающих их видов ландшафтов. Мы рассматриваем два таких признака: относительные площади ландшафтных ареалов и меру их географического соседства. Первую характеристику упорядоченности зонально-региональных геопространств можно назвать ареальной, вторую – позиционной. Принято, что на региональном уровне развитие природно-территориальной структуры идет в направлении сглаживания контрастов в площадях ландшафтных ареалов и в длинах их границ, что означает снижение значений параметров  $K(n/y)$  – как ареального, так и позиционного.

Расчеты показали, что в своем «ядре типичности» природный комплекс зонального ранга слагается из структурных элементов (видов ландшафтов), сравнительно слабо упорядоченных в пространстве (табл. 2, а) и разделенных преимущественно резкими (барьерными) границами. Следовательно, ведущую роль в формировании ландшафтной текстуры «ядра» зональной гео(эко-)системы играют не транзитные (гидроклиматические), а консервативные (литогенные) факторы, причем роль эта в целом возрастает в направлении от южной тайги к северной степи. Резкость и контрастность ландшафтных границ указывает на повышенную гомеостатическую устойчивость самих ландшафтов [30], что обеспечивает устойчивость и более высокой по рангу геосистемы в ее «ядре».

При переходе от «ядра» к периферии зональной системы пространственная упорядоченность ее структурных элементов возрастает (табл. 2, б) фактически при том же индиви-

Таблица 2

Меры позиционной упорядоченности географических пространств бореального экотона Волжского бассейна

Table 2. Measures of positional ordering of geographic spaces of the boreal ecotone of the Volga River basin

Природная зона (подзона)	Показатель разнообразия ландшафтных соседств, биты		Коэффициент неупорядоченности геопространства	
	видовой	индивиду- альный	видовой	индивиду- альный
а) Природные зоны (подзоны)				
Южная тайга	2.9144	3.9070	0.3557	0.3996
Смешанные леса	3.3758	4.5662	0.3418	0.3253
Широколиственные леса	3.6009	4.8166	0.3234	0.2125
Лесостепь и северная степь	2.7300	3.5057	0.2383	0.1747
б) Зональные (подзональные) границы *)				
Средняя тайга	– 3.7158	– 4.8374	– 0.2920	– 0.2359
Южная тайга	3.7081 4.0005	4.4255 4.7327	0.1685 0.1331	0.2097 0.0982
Смешанные леса	3.7889 3.5965	4.5722 4.5074	0.1681 0.2411	0.1256 0.1215
Широколиственные леса	3.8188 3.3812	4.6140 4.8272	0.1671 0.2411	0.1240 0.1158
Лесостепь и северная степь	3.5981 –	4.1045 –	0.1005 –	0.1753 –

\*) В верхней строке показаны значения мер для приграничных северных ландшафтов каждой природной зоны (подзоны), в нижней – для приграничных южных ландшафтов.



дуальном и видовом разнообразии ландшафтов, а резкость границ между ними снижается, что свидетельствует о повышении пространственно дифференцирующей роли транзитных факторов, в том числе латеральных геопотоков. Системообразующая роль этих потоков на зональных границах выражена гораздо сильнее, нежели в «ядрах типичности» природных зон, что уже само по себе указывает на повышенную чувствительность зональных границ к фоновому климатическому воздействию.

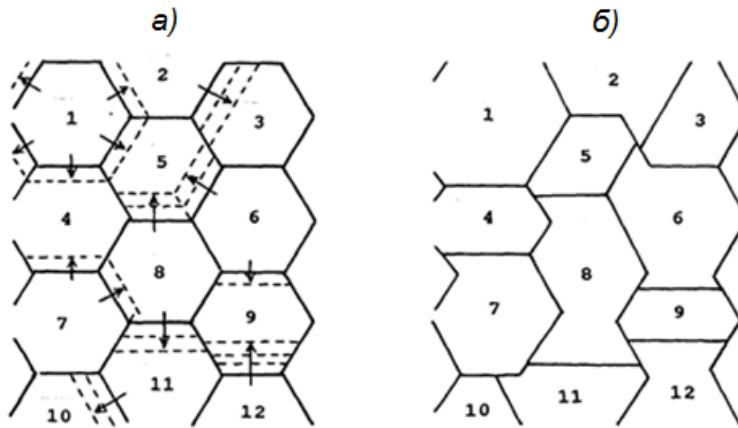
Таким образом, территориальная взаимосвязанность видов ландшафтов, а также пространственная упорядоченность ландшафтных ареалов на зональных границах существенно выше, чем в «ядрах типичности» самих природных зон. Полученный результат касается фундаментальных вопросов ландшафтоведения – в частности, способов природно-территориальной организации в «ядре» и на периферии гео(эко-)системы, а также принципиальных различий в характере ландшафтных связей между относительно однородными и коннекционными (векторными) системами.

### **Модель самоорганизации «ядер типичности» ландшафтно-зональных геопространств**

Ландшафтный рисунок является комплексным отображением плановой структуры территории [31] и может служить геометрической интерпретацией полисистемных моделей природно-территориальной организации. Рассмотрим формализованную схему возникновения ландшафтной мозаики в природных зонах (подзонах) как изопотенциальных геопространствах, заполненных однородными геосистемами – видами ландшафтов одного и того же типа (подтипа), но различных родов (неодинакового морфогенезиса). С этой целью представим «ядра типичности» ландшафтных ареалов в качестве точечных объектов, или «узловых районов», согласно [32], которые располагаются по принципу максимально плотной упаковки. Примем земную поверхность изотропной, т.е. «снимем» родовые различия ландшафтов, а также климатические контрасты у ландшафтов – соседей первого порядка. При таких допущениях пространственное размещение ландшафтных ареалов должно определяться в первую очередь саморегуляцией их «ядер типичности», а само распределение последних окажется случайным и будет соответствовать известной модели центральных мест Кристаллера–Леша [16].

В двумерной системе координат изотропной поверхности наиболее вероятно правильная шестиугольная форма ареалов (или центральных мест как исходных элементов структуры), поскольку сеть, состоящая из таких контуров с углами в  $120^\circ$  (рис. 2, а), имеет минимум длины с плотнейшей упаковкой контуров [33]. Такая ортогональная структура допускает существование максимально возможного числа центральных мест при сохранении принципа минимизации перемещений. Как известно, любое размещение объектов в пространстве связано с преодолением «трения» расстояния, т.е. влияния тех факторов, которые препятствуют случайному распределению объектов и формированию изотропной структуры пространства.

Преобразование правильной шестиугольной решетки ландшафтных ареалов в ту или иную конкретную систему их размещения и конфигурации их площадей происходит под воздействием прежде всего региональных контрастов литогенной основы ландшафтов – пространственной неоднородности геологического субстрата и форм макро- и мезорельефа, т.е. тех морфогенетических признаков, по которым выделяются *роды ландшафтов*. На территориях, скажем, валдайского и московского геоморфологических секторов [20] будут расширяться, сливаясь между собой и образуя наиболее крупные ареалы, ячейки ландшафтов моренных и зандровых равнин, между тем как в донском и днепровском секторах преимущество получают эрозионно-денудационные (на возвышенностях) либо древнеаллювиальные (на низменностях) ландшафты. Смещение границ первоначальных ячеек на 1, 2, 3 и т.д. условных шагов (см. рис. 2, а) приводит к появлению неправильных



**Рис. 2.** Схема преобразований гипотетической гексагональной решетки в реальную мозаику ареалов.

Смещение границ исходных однообразных ячеек на 1–3 шагах в разных направлениях (а) приводит к появлению неодинаковых по форме и площади территориальных образований (б), которые препятствуют случайному распределению объектов и формированию изотропной структуры пространства

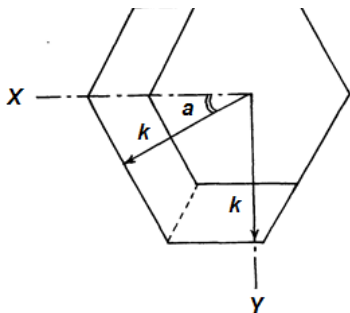
**Fig. 2.** Scheme of transformations of a hypothetical hexagonal lattice into a real mosaic of areas

и весьма разнообразных форм их ареалов (рис. 2, б): в одних случаях к их расширению и одностороннему удлинению, в других – к их же сокращению (вплоть до исчезновения), в третьих – к сохранению их изометричности при различной степени увеличения или уменьшения площади. Геометрические образы ландшафтных ареалов приобретают в общем случае вид неправильных многоугольников, полученных путем линейных преобразований исходной шестиугольной решетки.

Операция таких преобразований состоит в многостороннем растяжении и(или) сжатии правильных шестиугольников по двум координатным осям ( $x$  и  $y$ ), с возникновением геометрических форм, которые можно имитировать различного рода образцами гексагональной группы симметрии: ромбическими, тригональными, пинакоидальными, планальными, планаксиальными. Такие «вынужденно-самоорганизующиеся» диссипативные структуры

«... возникают в неравновесных нелинейных средах при превышении некоторого параметра, отражающего уровень неравновесности» [34, с. 122].

Элементарный процесс расширения площади данного ареала в том или ином направлении можно представить как растяжение шестиугольной фигуры, с продвижением одной из ее сторон, имеющей координаты  $x_1$  и  $y_1$ , на некоторую величину  $k$  (рис. 3), которую назовем коэффициентом деформации фигуры и которую нам необходимо вычислить. Новыми координатами преобразованной стороны шестиугольника будут:  $x_2 = \cos d \cdot k$ ;  $y_2 = \sin d \cdot k$  [35]. Здесь  $d = 30^\circ$  – угол между осью  $x$  и вектором  $k$ . Матрица  $A$  элементарного преобразования имеет вид:



**Рис. 3.** Схема элементарного процесса расширения исходной гексагональной ячейки. Пояснения в тексте

**Fig. 3.** Scheme of the elementary process of expansion of the initial hexagonal cell. Explanations in the text

$$A = \begin{vmatrix} \cos d \cdot k & 0 \\ 0 & \sin d \cdot k \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Определитель ( $D$ ), или детерминант ( $\det A$ ), этой матрицы равен:

$$D \equiv \det A = \cos d \cdot \sin d \cdot k_2 = 0,433 \cdot k_2. \quad (8)$$

Напомним, что определитель равен коэффициенту изменения площади фигуры при данном преобразовании. Он может быть определен как  $D = S_i/S_0$ , где  $S_i$  – суммарная площадь ареалов  $i$ -го вида ландшафтов,  $S_0$  – гипотетическая площадь исходной гексагональной ячейки, получаемая делением общей площади всех видов ландшафтов на число видов (предполагается, что на исходной расчетной площади каждый вид представлен одним ареалом). При  $S_i > S_0$  происходит расширение ячейки ( $D > 1$ ), при  $S_i < S_0$  – ее сжатие ( $D < 1$ ). Тогда коэффициент деформации исходной ячейки для одного элементарного преобразования найдется из соотношения:

$$k = 1,52 \cdot \sqrt{D}. \quad (9)$$

Реальные преобразования ареала возможны при наличии как минимум двух элементарных операций – растяжения (сжатия) двух смежных, либо отстоящих друг от друга сторон шестиугольника (см. рис. 2). В этом случае

$$k = 0,76 \cdot \sqrt{D}. \quad (10)$$

В первом приближении коэффициент перед корнем нами принят за 1, исходя из чего и были рассчитаны значения  $k$  для видов ландшафтов по каждой природной зоне (подзоне) и по их принадлежности к тому или иному ландшафтному роду (табл. 3). При этом роды ландшафтов были расположены по степени их морфогенетической близости (в общем направлении от водоразделов к днищам долин). Чем дальше отстоят друг от друга в этом ряду виды ландшафтов, тем выше литогенная контрастность между ними и тем соответственно большие различия можно ожидать в значениях параметра  $k$ .

Следует обратить внимание на величины параметра  $k$ , близкие к 1, а также на их максимальные и минимальные значения. В первом случае (пространственной соразмерности) очевидно отсутствие каких-либо существенных деформаций исходных гипотетических ландшафтных ареалов под влиянием внешних факторов (главным образом литогенных). Это позволяет говорить, во-первых, о сохранении данными видами ландшафтов статистически случайной структуры их территориального размещения, во-вторых, согласно [21], – об относительно развитой тенденции их к самоорганизации, которая должна способствовать общему повышению устойчивости ландшафтов к фоновым климатическим воздействиям. В зонах тайги и смешанных лесов таковыми являются прежде всего денудационно-зандровые и зандровые ландшафты транзитных и трансаккумулятивных местоположений: супесчано-суглинистые и песчаные гидро-литоморфные и субгидроморфные пихтово- и сосново-еловые леса (виды ландшафтов 1/3, 2/3, 2/4, 3/4), а в подтайге кроме того – элювиальные моренные ельники (вид 3/7). Значения  $k$  здесь лежат в пределах 0.93–1.16.

В подзоне широколиственных лесов и в лесостепной зоне (с северной степью) приоритет относительно слабо деформированных ареалов также сохраняют транзитные (в данном случае древнеэлювиальные и сыртовые) ландшафты – виды 4/12 и 5/3. Однако аналогичные ландшафтные ареалы имеются и в группе эрозионно-денудационных и эрозионных ландшафтов. Это элювиальные и трансэлювиальные литоморфные дубово-липовые леса на легкосуглинистом субстрате, а также аналогичные им по геоморфологическим условиям луговые и разнотравно-злаковые степи с дубравами и сосняками (виды 4/1, 5/2, 6/1, 6/2;  $k = 0,89–1,15$ ).

Указанные виды ландшафтов можно объединить в категорию хронологических зонально-региональных эталонов, пространственная структура которых отвечает таксономической норме размерностей ландшафтных ареалов как структурных элементов зонального геопространства. Максимальное расширение ареалов ( $k \gg 1$ ) приходится почти повсе-

Таблица 3

Значения коэффициента деформации ландшафтных ареалов ( $k$ ) в различных морфогенетических условиях зональных геопространств Волжского бассейна (фрагмент)

Table 3. Values of the coefficient of deformation of landscape areas ( $k$ ) in various morphogenetic conditions of zonal geospaces of the Volga River basin (fragment)

Природная зона (подзона)	Вид ландшафтов (см. рис. 2, А)	Роды ландшафтов *)						
		э-д	э	м	д-з	м-з	оз-ал	з
Средняя тайга	1/1	0.60	1.64 0.32				1.44	1.16 1.26
	1/4							
	1/5							
	1/8							
	1/9							
	1/10							
	1/11							
Южная тайга	2/1	0.84		1.77	1.13 0.93		0.74	0.55
	2/3							
	2/4							
	2/5							
	2/7							
	2/9							
	2/10							
2/11								
Смешанные леса	3/3		0.76	1.14	0.76 0.51		0.43	
	3/5							
	3/6							
	3/7							
	3/9							
	3/10							
	3/11							
3/12								
Широколиственные леса	4/1	0.90 1.60	1.27 1.15		0.24		1.00	0.95 0.83
	4/3							
	4/5							
	4/6							
	4/7							
	4/10							
	4/11							
4/12								
Южная лесостепь	5/1	1.90 1,15					1.13 0.48	
	5/2							
	5/3							
	5/5							
	5/7							

\*) Ландшафты: э-д – эрозионно-денудационные; э – эрозионные; м – моренные; д-з – денудационно-зандровые; м-з – моренно-зандровые; оз-ал – озерно-аллювиальные; з – зандровые.

местно на некоторые водораздельные (элювиальные) ландшафты. В южной и средней тайге к ним относятся моренные супесчано-суглинистые ельники (виды 1/4, 2/5), в широколиственных лесах и лесостепи – эрозионно-денудационные дубо-липняки и луговые степи на тяжелых суглинках и глинах (виды 4/3, 5/1). Для их гипертрофированного площадного развития достаточно 1,5–2-кратной положительной элементарной деформации исходной гипотетической ячейки территориальной структуры.

Ареалы остальных видов ландшафтов сокращены в той или иной степени. В средней и южной тайге Русской равнины максимальное сжатие ( $k = 0,14–0,32$ ) свойственно ареалам элювиальных мезоморфных ельников на карбонатной морене (в силу спорадичности распространения этого вида субстрата), а также ландшафтам долинных зандров (виду 2/11). В смешанных лесах и лесостепи явно сокращены виды озерно- и древнеаллювиальных

транзитных и трансаккумулятивных ландшафтов (3/11, 5/3а, 5/5, 5/5а, 6/4, 6/5;  $k = 0,23-0,54$ ).

Таким образом, ландшафтная мозаика зональных геопространств рассматриваемого нами региона в значительной мере предопределена морфогенетическим фактором, который сказался наиболее существенно на возвышенных водоразделах, гораздо меньше на пологих склонах междуречий и в минимальной степени на низменных зандрах. Следовательно, при одних и тех же климатических условиях эрозионно-денудационные, эрозионные и моренные ландшафты возвышенных равнин должны отличаться от моренно-зандровых, озерно(древне-)аллювиальных и зандровых ландшафтов низменностей гораздо большим пространственным многообразием и более высокой территориальной контрастностью их внутривидовой структуры. Тем сильнее должны быть выражены в них трансграничные природные взаимодействия, снижающие устойчивость ландшафтных рубежей и повышающие общую чувствительность природно-территориальной мозаики водораздельных пространств к фоновым климатическим колебаниям.

### **Механизмы формирования зональной границы**

Как известно, выделить на местности или на карте ту или иную природно-территориальную систему – означает прежде всего очертить ее границы. Сама же граница оказывается там, где в наибольшей мере выражен данный пространственно дифференцирующий фактор (в нашем случае – гидро-климатический), по которому эта система и выделяется. В «ядре» системы структурирующая роль данного фактора явно снижается; она оказывается изначально подчиненной действию других факторов, в первую очередь литогенных [36].

Зональная граница как *зональный экотон* есть полоса критических состояний контактирующих между собой гео(эко-)систем – «представителей» двух соседних природных зон. Говоря о такой границе, мы так или иначе подразумеваем переход от одного зонального типа ландшафта к другому типу, имея в виду прежде всего плакорные геосистемы с коренной растительностью, отображающей данный зональный физико-географический фон. Эти рубежи, характеризующие смену зонального фона, так сказать, в чистом виде выделены нами в качестве климатогенных ландшафтных границ. Однако в конкретной ландшафтной обстановке такие границы, скорее, исключение, чем правило. В самом деле, из всего набора сочетаний ландшафтных соседств, образующих на бореальном экотоне ту или иную зональную границу, на долю рубежей климатогенного вида приходится не более 25–30 %, и лишь при переходе от широколиственных лесов к лесостепи эта доля достигает 55 %. При этом в направлении с юга на север встречаемость и относительная протяженность климатогенных границ однозначно уменьшаются; все большее распространение на зональных экотонах получают ландшафтные рубежи, обусловленные региональными и локальными факторами, преломляющими данный зональный фон.

Среди таких факторов в качестве ведущего следует выделить прежде всего тип макро(мезо-)местоположения приграничных ландшафтов, который способен усиливать или, наоборот, ослаблять их критические состояния и создавать соответствующие почвенно-биотические контрасты в системе местных ландшафтных сопряжений, обусловленных латеральными геопотоками. В результате зональный рубеж может сдвигаться с плакорного местоположения (если оно реально существует) к средним и даже нижним звеньям мезокатены, где такие контрасты выражены наиболее резко, достигая зонального уровня. Так, по-видимому, вырисовывается на местности извилистая зональная граница, отклоняясь в ту или другую сторону от своих климатогенных отрезков в соответствии со сменой пересекающего ее пограничного ландшафтного сопряжения.

Описанный механизм мезо- и микромасштабной реализации зональной границы в условиях влияния субрегиональных и локальных факторов станет более понятным, если поместить каждую пару приграничных видов ландшафтов в интервал соответствующих им

типов местоположений, а сами местоположения расположить по градиенту двух альтернативных локальных факторов – литоморфности и гидроморфности, проявление которых так или иначе связано с работой латеральных геопотоков. Местоположения займут определенные позиции в их факторально-динамическом ряду: от автономных (ТЭ, Э) до подчиненных (ТА, А). В результате, например, для территории бореального экотона Русской равнины мы получаем систему трансграничных ландшафтных соседств (рис. 4). Связи между ландшафтами имеют векторный характер, поэтому показаны обоюдными стрелками.

Как видим, переход через зональную границу от более южной природной зоны к более северной означает на местности смену типа местоположения, чаще всего смены Э → Т; Э → ТА; Т → ТА, т.е. в сторону большей гидроморфности экотопа, что способствует местному (локальному) повышению коэффициента увлажнения до критического уровня, вызывающего скачкообразную смену зонального типа растительности. На местоположениях верхних звеньев мезокатены, где благодаря латеральным геопотокам возникает местный недостаток почвенно-грунтового увлажнения, с относительным избытком тепла, форми-

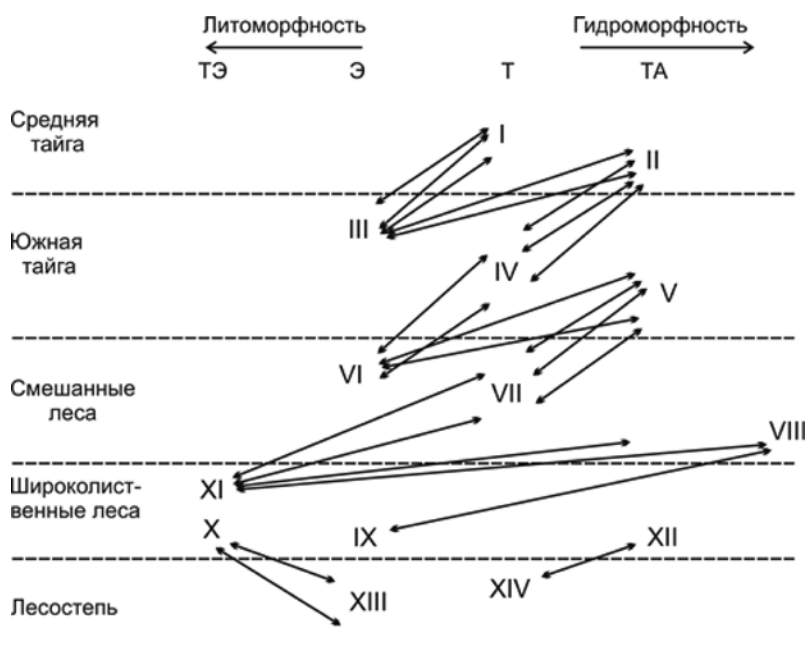


Рис. 4. Схема ландшафтных соседств первого порядка на зональных и подзональных границах бореального экотона Волжского бассейна.

Группы видов ландшафтов. **Среднетаежные:** I – денудационно- и моренно-зандровые транзитные субгидроморфные; II – моренно-зандровые трансаккумулятивные субгидроморфные. **Южнотаежные:** III – эрозионно-денудационные и моренные элювиальные гидролитоморфные; IV – денудационно- и моренно-зандровые транзитные гидролитоморфные; V – зандровые трансаккумулятивные субгидроморфные. **Подтаежные:** VI – эрозионно-денудационные и моренные элювиальные сублитоморфные; VII – денудационно-зандровые и моренные элювиальные и транзитные гидролитоморфные; VIII – долинозандровые и озерно-аллювиальные трансаккумулятивные и аккумулятивные гидроморфные. **Широколиственные:** IX – эрозионно-денудационные элювиальные литоморфные; X – эрозионные трансэлювиальные литоморфные; XI – моренно-зандровые транзитные гидролитоморфные. **Лесостепные:** XII – эрозионно-денудационные элювиально-трансэлювиальные литоморфные; XIII – озерно-аллювиальные транзитные сублитоморфные

Fig. 4. Scheme of the first-order landscape neighborhoods on zonal and subzonal boundaries of the boreal ecotone of the Volga River basin

руется ландшафт более южной природной зоны, а в нижних звеньях, испытывающих, наоборот, избыток влаги, возникает ландшафт более северного зонального типа. Налицо одно из проявлений известного правила ландшафтного предварения Спрыгина–Алехина; «... плакорный фитоценоз предваряется на юге или на севере в соответствующих условиях местообитания» [18, с. 98].

Исключение составляют те немногочисленные случаи, когда ведущими факторами субрегиональной дифференциации оказываются соляная экспозиция склона либо механический состав поверхностных отложений, определяющий степень увлажнения эдафотопы. Тогда происходит своего рода инверсия местоположений в трансграничной паре ландшафтов из двух соседних природных зон, что ведет к определенному усилению резкости зонального рубежа.

Предлагаемый нами способ оценки местной факторально-динамической ординации зональной границы позволяет найти относительную меру критичности состояния приграничных ландшафтов и тем самым установить степень потенциальной и реальной контрастности зонального рубежа. При этом потенциальная контрастность определяется градиентами фонового макроклиматического поля, а реальная – деформациями этого поля местными факторами. С целью проведения такого анализа можно использовать предлагаемый нами параметр – *парагенетическое расстояние* ( $L_{\text{пар}}$ ) как величину взаимной удаленности в ряду литоморфности–гидроморфности двух типов местоположений, которым соответствует данная связка приграничных видов ландшафтов. Парагенетическое расстояние выражается в шагах (или баллах). Например, в трансграничной связке видов ландшафтов 2/1(Э)–1/3(Т) это расстояние равно 1 шагу (баллу), в паре 2/5(Э)–1/9(ТА) – двум шагам, а для наиболее удаленных друг от друга по типу местоположения видов 4/5(ТЭ) и 3/12(А) – насчитывается 4 шага.

Минимальное парагенетическое расстояние ( $L_{\text{пар}} = 1$  шагу) указывает на то, что фоновое поле лимитирующих климатических параметров на данном участке имеет резко выраженные градиенты (в нашем случае субширотные), поэтому достаточно незначительной деформации этого поля местными факторами, как возникает зональный рубеж того или иного вида. Сама же климатогенная граница должна проходить вблизи этого факторального зонального рубежа и отличаться наибольшей резкостью (контрастностью). Низкая реальная контрастность ландшафтных рубежей указывает на то, что приграничные гео(эко-)системы достаточно открыты, со слабо выраженными обратными связями между растительными компонентами и фитосредой [30]. Такими визуально слабо выраженными факторальными рубежами составлена преобладающая часть зональных границ на бореальном экотоне, например, Волжского бассейна, что соответствует общему равнинному рельефу его территории.

Максимальные же значения  $L_{\text{пар}}$  (в 3–4 шага) возникают на фоне «размытого», слабо градиентного макроклиматического поля, когда сами климатогенные границы выражены нечетко и встречаются довольно редко. В этом случае зональная граница, слабо выраженная потенциально, но фактически резкая, слагается пестрой вереницей различных «факторальных» отрезков, которые территориально могут сильно отклоняться (в нашем случае на север или на юг) от региональной климатической нормы зональных переходов. Высокая реальная контрастность границ означает также усиление положительной обратной связи в системе растительность–фитосреда. Яркий пример подобной трансграничной ситуации дает крупный фрагмент Главного ландшафтного рубежа Русской равнины, проходящий по субширотной системе долин Ока–Волга (см. на схеме связки видов ландшафтов 4/5–3/12, 4/5–3/10 и 4/2–3/12). Значительное общее смещение здесь к северу зональной границы между подтайгой и широколиственными лесами обусловлено выступом Приволжской возвышенности, с резко выраженными геоморфологическими контрастами между правым и левобережьем Оки и Волги, на фоне слабо выраженных широтных макроклиматических градиентов. В итоге фактическая резкость данной зональной границы выражена тем резче, чем дальше на север она смещена субрегиональными и локальными факторами.

Пусковым механизмом процесса появления данного зонального рубежа служит достижение на том или ином участке ведущим зоноформирующим фактором некоторых критических фоновых значений, которые «провоцируют» резкое усиление (вплоть до зонального уровня) экологической роли местных факторов. При этом под критическими значениями физико-географического фона подразумеваются такие, которые разрушают прежний механизм гомеостазиса в системе «растительность – фитогенная среда», по [37], и обуславливают переход геосистемы к новой области гомеостазиса. Обратный сигнал возвращается к первому фактору, но уже на местном структурном уровне, в результате чего в рассматриваемой системе ландшафтных сопряжений и появляется данная зональная граница. Так, можно полагать, функционирует зоноформирующая система информационных сигналов, которая объединяет фоновые и местные (локальные) факторы, с обратной связью, «работающей» непременно на более низком структурном уровне, нежели первичный сигнал. Описанная функциональная система должна, по-видимому, осуществлять подобным же образом дифференцированные сдвиги зональных рубежей при том или ином возмущении существующего климатического фона.

Итак, в первом приближении вырисовываются два основных звена механизма формирования зональной границы.

Первое звено образует процесс «растворения» (дробления, поглощения) фоновых зональных градиентов климатических параметров в множестве разнонаправленных векторов действия субрегиональных и локальных факторов: форм мезо- и микрорельефа, характера почвообразующего субстрата, эдафического увлажнения и др. Повышение роли топологических факторов до уровня зонально-региональных – характерная черта периферии природной зоны, где климатический фон достигает критических значений.

Вторым звеном является процесс территориального упорядочения приграничных ландшафтных ареалов в «нуклеарном поле» ведущих местных факторов, когда собственно и появляется зональный рубеж в его конкретном выражении. Зональная граница формируется как векторное природно-территориальное образование и может возникнуть лишь благодаря обусловленной местными факторами пространственной упорядоченности структурных элементов по периферии двух соседних природных зон (подзон). При этом сравнительно небольшие сдвиги биоклиматических границ на микроуровне могут вызвать смещения природных рубежей на огромных пространствах – на мезо- и макроуровнях, поскольку кардинально изменяется соотношение доминирующих и подчиненных растительных ассоциаций, а микроассоциация по существу переходит в новый тип со скачкообразным перемещением своих границ [38].

Трансграничная упорядоченность структурных элементов гораздо более высокая, чем в «ядрах типичности» гео(эко-)систем, – по-видимому, важнейшее имманентное свойство природных границ. Выявленная функциональная система формирования зональной границы может рассматриваться как механизм дифференцированных сдвигов зональных рубежей при устойчивых изменениях климата.

## **Заключение**

Детальный разбор ландшафтно-зональной организации позволил вскрыть целый ряд ее новых закономерностей, в том числе механизмов формирования дискретных природно-территориальных комплексов (региональных ландшафтов) в системе непрерывных вещественно-энергетических полей зональных геопространств. Важное место уделено природным границам – традиционному для отечественного ландшафтоведения объекту исследования. На зональных рубежах можно ожидать первоочередные и наиболее заметные процессы трансформации природно-территориальных структур под действием фоновых климатических возмущений.



Рассмотрены основные «пусковые» механизмы формирования зональной границы при взаимодействии фоновых климатических сигналов и их преломлении локальными (преимущественно литогенными) факторами. Повышение роли локальных факторов до уровня зонально-региональных – характерная черта периферии природной зоны, где климатический фон достигает критических значений. Выявленная функциональная система формирования зональной границы может рассматриваться как возможный механизм ее дифференцированных сдвигов при ожидаемых изменениях климата.

Важнейшим имманентным свойством ландшафтной организации вблизи зональных границ является более сильная территориальная взаимосвязанность видов ландшафтов, а также более высокая пространственная упорядоченность приграничных ландшафтных ареалов по сравнению с «ядрами типичности» самих природных зон. Это одна из главных причин повышенной чувствительности зональных экотонов к фоновым климатическим сигналам.

### Литература

1. Семенов-Тянь-Шанский В.П. Район и страна. М.; Л.: Гос. изд-во, 1928. 311 с.
2. Гохман В.М., Гуревич Б.Л., Саушкин Ю.Г. Проблемы метагеографии // Вопросы географии. 1968. № 78. С. 3–14.
3. Топчиев А.Г. Пространственная организация геосистем и ее модели // Территориально-хозяйственные структуры Дальнего Востока. Владивосток: ТИГ ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 55–72.
4. Turner M.G., Gardner R.H. (eds.). Quantitative methods in Landscape Ecology/ The analysis and interpretation of landscape heterogeneity. New York; Berlin; Heidelberg. Springer, 1990. 536 p.
5. Пузаченко Ю.Г., Санковский А.Г. Анализ организации растительного покрова методами ординации // Журн. общ. биологии. 1992. Т. 53, № 6. С. 757–773.
6. Докучаев В.В. О законности известного географического распределения наземно-растительных почв на территории Европейской России // Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей. Т. 12. СПб., 1881. С. 65–66.
7. Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза. М.: Географгиз, 1947. 397 с.
8. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. М.: Мысль, 1966. 382 с.
9. Бudyко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 327 с.
10. Bailey R.G. Ecoregions. The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents. New-York: Springer-Verlag, 1998. 176 p.
11. Nakamura Y., Krestov P.V. Coniferous forests of the temperate zone of Asia // Coniferous forests. Ser. Ecosystems of the World. 2005. Vol. 6. P. 163–220.
12. Берг Л.С. Избранные труды. Т. 2. Физическая география. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 426 с.
13. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М.: Мысль, 1975. 287 с.
14. Базилевич Н.И., Гребенчиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
15. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии Мира. М.: Наука, 1985. 247 с.
16. Хагетт П. География: синтез современных знаний. М.: Прогресс, 1979, 684 с.
17. Докучаев В.В. Избранные сочинения. Т. 3. Картография, генезис и классификация почв. М.: Гос. изд-во сельскохоз. лит-ры, 1949. 446 с.
18. Мильков Ф.Н. Физическая география: Учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1986. 327 с.
19. Гарцман И.Н. Проблемы географической зональности и дискретность гидрометеорологических полей в горных условиях муссонного климата // Труды ДВНИГМИ. Вып 35. Л.: Гидрометеоздат, 1971. С. 3–31.
20. Коломыц Э.Г. Бореальный экотон и географическая зональность. Атлас-монография. М.: Наука, 2005. 390 с.
21. Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М.: Наука, 1988. 260 с.
22. Одум Ю. Основы экологии: пер. с англ. М.: Мир, 1975. 740 с.
23. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.
24. Раменский Л.Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971. 334 с.
25. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
26. Роосааре Ю.М. Определение количественных характеристик территориальной структуры ландшафтных единиц на типологической карте // Уч. записки Тартуского ун-та. Вып. 563. 1982. С. 31–47.

27. Сигорский В.Н. Математический аппарат инженера. Киев: Техника, 1977. 766 с.
28. Николаев В.А. Ландшафтоведение. Семинары и практические занятия. Изд. 2-е, перер. и доп. М.: Географический факультет, 2006. 208 с.
29. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
30. Арманд А.Д., Кушнарера Г.В. Переход экосистем через критические состояния в пространстве // Экосистемы в критических состояниях. М.: Наука, 1989. С. 75–148.
31. Викторов А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М.: Наука, 2006. 252 с.
32. Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. Смоленск: Ойкумена, 1999. 256 с.
33. Вейль Г. Симметрия. М.: Наука, 1968. 191 с.
34. Чупрынин В.И. Нелинейные явления в геосистемах. М.: Наука, 2008. 197 с.
35. Бакельман И.Я. Аналитическая геометрия и линейная алгебра. М.: Просвещение, 1976. 288 с.
36. Hansen A.J., di Castry F.(eds.). Landscape Boundaries. Consequence for Biotic Diversity and Ecological Flows. New York; Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1992. 452 p.
37. Арманд А.Д. Общие представления // Экосистемы в критических состояниях. М.: Наука, 1989. С. 10–41.
38. Разумовский С.М. Закономерности динамики биогеоценозов. М.: Наука, 1981. 231 с.

### References

1. Semenov-Tyan-Shansky, V.P. Region and country. The State Publishing House: Moscow–Leningrad, 1928; 311 p. (In Russian)
2. Gokhman, V.M.; Gurevich, B.L.; Saushkin, Yu.G. Problems of metageography. *Questions of geography*. 1968, 78, 3–14. (In Russian)
3. Topchiev, A.G. Spatial organization of geosystems and its models. In *Territorial-economic structures of the Far East*. Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok. 1982, 55–72. (In Russian)
4. Turner, M. G.; Gardner, R. H., (eds.). Quantitative methods in Landscape Ecology/ The analysis and interpretation of landscape heterogeneity. Springer: New York, Berlin, Heidelberg. 1990; 536 p.
5. Puzachenko, Yu.G.; Sankovsky, A.G. Analysis of the organization of vegetation cover using ordination methods. *Journal of Society. Biology*. 1992, 53, 6, 757–773. (In Russian)
6. Dokuchaev, V.V. On the validity of the known geographical distribution of terrestrial plant soils on the territory of European Russia. In *Proceedings of the St. Petersburg Society of Natural Scientists*. V. XII. St. Petersburg, 1881, 65–66. (In Russian)
7. Berg, L.S. Geographical zones of the Soviet Union. Geographgiz: Moscow, Russia, 1947; 397 p. (In Russian)
8. Grigoriev, A.A. Regularities of the structure and development of the geographical environment. Mysl: Moscow, Russia, 1966; 382 p. (In Russian)
9. Budyko, M.I. Global ecology. Mysl: Moscow, Russia, 1977. 327 p. (In Russian)
10. Bailey, R.G. Ecoregions. The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents. Springer-Verlag: New York, 1998; 176 p.
11. Nakamura, Y.; Krestov, P.V. Coniferous forests of the temperate zone of Asia. *Coniferous forests. Ser. Ecosystems of the World*. 2005, 6, 163–220.
12. Berg, L.S. Selected works. V. II. Physical geography. Publishing House of the USSR Academy of Sciences: Moscow, Russia, 1958; 426 p. (In Russian)
13. Armand, D.L. Landscape science. Mysl: Moscow, Russia, 1975. 287 p. (In Russian)
14. Bazilevich, N.I.; Grebenshchikov, O.S.; Tishkov, A.A. Geographical patterns of structure and functioning of ecosystems. Nauka: Moscow, Russia, 1986; 297 p. (In Russian)
15. Gerasimov, I.P. Environmental problems in the past, present and future Geography of the World. Nauka: Moscow, Russia, 1985; 247 p. (In Russian)
16. Huggett, P. Geography: synthesis of modern knowledge. Progress: Moscow, Russia, 1979; 684 p. (In Russian)
17. Dokuchaev, V.V. Selected works. V. III. Cartography, genesis and classification of soils. The State Publishing House of Agricultural Literary: Moscow, Russia, 1949; 446 p. (In Russian)
18. Milkov, F.N. Physical geography: The study of landscape and geographical zonality. Voronezh University: Voronezh, Russia, 1986; 327 p. (In Russian)
19. Gartsman, I.N. Problems of geographical zonality and discreteness of hydrometeorological fields in mountain conditions of monsoon climate. *Proceedings of the FERHRI*. Issue 35. Gidrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1971, 3–31. (In Russian)
20. Kolomyts, E.G. Boreal ecotone and geographic zonation. Atlas-monograph. Nauka: Moscow, Russia, 2005; 390 p. (In Russian)
21. Armand, A.D. Self-organization and self-regulation of geographic systems. Nauka: Moscow, Russia, 1988; 260 p. (In Russian)
22. Odum, Yu. Fundamentals of ecology. Translated from English. Mir: Moscow, Russia, 1975; 740 p. (In Russian)

23. Whittaker, R. Communities and ecosystems. Progress: Moscow, Russia, 1980; 327 p. (In Russian)
24. Ramensky, L.G. Selected works. Problems and methods of studying plants cover. Nauka: Leningrad, Russia, 1971; 334 p. (In Russian)
25. Isachenko, A.G. Landscape science and physical-geographical zoning. Textbook for universities. Higher school: Moscow, Russia, 1991; 366 p. (In Russian)
26. Roosaaere, Yu.M. Determination of quantitative characteristics of the territorial structure of landscape units on a topological map. *Scientific notes of Tartu State University*. 1982, 563, 31–47. (In Russian)
27. Sigorsky, V.N. Engineer's mathematical apparatus. Tekhnika: Kiev, Russia, 1977; 766 p. (In Russian)
28. Nikolaev, V.A. Landscape science. Seminars and practical classes. 2nd edition, revised and supplemented. MSU, Faculty of Geography: Moscow, Russia, 2006; 208 p. (In Russian)
29. Glazovskaya, M.A. Geochemistry of natural and technogenic landscapes of the USSR. Higher School: Moscow, Russia, 1988; 328 p. (In Russian)
30. Armand, A.D.; Kushnareva, G.V. Transition of ecosystems through critical states in space. In *Ecosystems in critical states*. Nauka: Moscow, Russia, 1989, 75–148. (In Russian)
31. Viktorov, A.S. Basic problems of mathematical morphology of landscape. Nauka: Moscow, Russia, 2006; 252 p. (In Russian)
32. Rodoman, B.B. Territorial areas and networks. Oykumena: Smolensk, Russia, 1999; 256 p. (In Russian)
33. Weil, G. Symmetry. Nauka: Moscow, Russia, 1968; 191 p. (In Russian)
34. Chuprynin, V.I. Nonlinear phenomena in geosystems. Nauka: Moscow, Russia, 2008; 197 p. (In Russian)
35. Bakelman, I.Ya. Analytical geometry and linear algebra. Education: Moscow, Russia, 1976; 288 p. (In Russian)
36. Hansen, A.J.; Di Castry, F. (eds.). Landscape Boundaries. Consequence for Biotic Diversity and Ecological Flows. Springer-Verlag: New York, Berlin, Heidelberg, 1992; 452 p.
37. Armand, A.D. General ideas. In *Ecosystems in critical states*. Nauka: Moscow, Russia, 1989, 10–41. (In Russian)
38. Razumovsky, S.M. Patterns of biogeocoenosis dynamics. Nauka: Moscow, Russia, 1981; 231 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 03.02.2024; одобрена после рецензирования 27.03.2024; принята к публикации 19.04.2024.

The article was submitted 03.02.2024; approved after reviewing 27.03.2024; accepted for publication 19.04.2024.

