



Экспериментальные ландшафтно-экологические исследования в Тихоокеанской переходной зоне Азиатской России: предпосылки научного поиска. Часть 2

Эрланд Георгиевич КОЛОМЫЦ

Самарский исследовательский центр Российской академии наук,
Институт экологии Волжского бассейна, Тольятти, Россия,
egk2000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8849-6191>

Аннотация. Рассматривается поднимаемый в отечественной литературе вопрос о «законах эволюции биосферы», которому созвучна «тектоническая» гипотеза «эволюционно-биологических эффектов» на Курильских островах. На основе известных фундаментальных положений био- и геэкологии показана несостоятельность этих концепций. В структуре и функционировании топогео(эко-)систем заложены истоки механизмов глобальных биосферных процессов и движущих сил эволюции биосферы, и именно здесь в первую очередь следует искать «законы геоэкологической эволюции». В то же время объективно существует разномасштабная система связей «вмещаемых» и «вмещающих» геокомпонентов, поэтому любое ландшафтно-экологическое исследование должно быть полимасштабным, с анализом смежных иерархических уровней. Изложены некоторые методологические аспекты разномасштабных базовых и прогнозных ландшафтно-экологических работ с использованием аналитических и картографических методов многомерного моно- и полисистемного моделирования. Рассмотрены основные «пусковые» механизмы формирования зональных (гидротермических) границ при взаимодействии фоновых климатических сигналов и их преломлении литогенными факторами. Для факторально-динамической ординации зональных, подзональных и микрозональных границ предложено использовать парагенетическое расстояние как величину взаимной удаленности в ряду литоморфности–гидроморфности двух типов местоположений, которым соответствует данная связка приграничных природных комплексов. Выявленная функциональная система формирования зональных границ может рассматриваться как возможный механизм дифференцированных сдвигов зональных рубежей при ожидаемых глобальных изменениях климата. Результаты намечаемых исследований призваны положить начало созданию теоретических и научно-методических основ эволюционного ландшафтоведения как нового направления комплексной физической географии и геоэкологии.

Ключевые слова: иерархическая организация гео(эко-)систем, полимасштабный ландшафтный анализ, зональная граница, факторально-динамическая ординация местоположений, катенарные и сетеобразующие ландшафтные связи.

Для цитирования: Коломыц Э.Г. Экспериментальные ландшафтно-экологические исследования в Тихоокеанской переходной зоне Азиатской России: предпосылки научного поиска. Часть 2 // Тихоокеанская география. 2022. № 2. С. 37–49. DOI: 10.35735/26870509_2022_10_4. EDN: ZBGJSS

Experimental landscape-ecological studies in the Pacific transition zone of Asiatic Russia: a background for scientific search. Part 2

Erland G. KOLOMYTS

Institute of Ecology of the Volga River Basin, Samara Research Center
of the Russian Academy of Sciences RAS, Togliatty, Russia,
egk2000@mail.ru

Annotation. The question raised in Russian literature on the “laws of evolution of the biosphere”, which is consonant with the “tectonic” hypothesis of “evolutionary biological effects” on the Kuril Islands, is considered. The inconsistency of these concepts is shown using the well-known fundamental postulates of bio- and geo-ecology. The origins of the mechanisms of global biospheric processes and the driving forces of the evolution of the biosphere are laid in the structure and functioning of topogeo-(eco-) systems, and it is here that the “laws of geo-ecosystem evolution” should be sought in first. However, there is objectively a multi-scale system of relations between “contained” and “enclosing” geo-components, so any landscape-ecological study should be multi-scaled with an analysis of adjacent hierarchical levels. Some methodological aspects of multi-scale basic and predictive landscape-ecological works with use of the analytical and cartographic methods of multidimensional mono- and polysystem modeling are outlined. The main “triggering” mechanisms for the formation of zonal (hydrothermal) boundaries during the interaction of background climatic signals and later refraction by lithogenic factors are considered. For the factorial-dynamic ordination of zonal, sub-zonal and micro-zonal boundaries, the author proposes to use the paragenetic distance as the value of mutual remoteness in the series of lithomorphism–hydromorphism phenomena of two types of locations, to which this bundle of near-border natural complexes corresponds. The revealed functional system of formation of zonal boundaries can be considered as a possible mechanism for differentiated shifts of zonal boundaries under expected global climate changes. The results of the planned research are intended to lay the foundation for creating the theoretical and scientific-methodological fundamentals of evolutionary landscape science as a new direction in complex physical geography and geo-ecology.

Keywords: hierarchical organization of geo-(eco-)systems, multiscale landscape analysis, zonal boundary, factorial-dynamic ordination of locations, catenary and network-forming landscape connections.

For citation: Kolomyts E.G. Experimental landscape-ecological studies in the Pacific transition zone of Asiatic: background of scientific search. Part 2. Pacific Geography. 2022;(2): 37–49. (In Russ.). DOI: 10.35735/26870509_2022_10_4. EDN: ZBGJSS

О географических закономерностях эволюции биосферы

Тихоокеанский мегаэктон Евразии представляет собой иерархически упорядоченную систему геоэктонных регионального и топологического уровней в различных морфоструктурных и макроклиматических условиях. Возрастной (по геологическому масштабу времени) ряд геоэктонных объектов располагается по определенной узловыми этапами эволюционной траектории экзогенного ландшафтогенеза в континентальной биосфере. Стратегия научного поиска должна быть направлена на установление зонально-региональных и локальных закономерностей ландшафтной организации островной и

окраинно-материковой суши в Тихоокеанском подвижном поясе, который рассматривается, согласно [1–4], как природная лаборатория для изучения современного этапа развития географической оболочки.

Природные ландшафты Тихоокеанского мегаэктона Евразии сформировались на весьма широком возрастном спектре морфотектонических структур [5], в котором выделяются два геолого-геоморфологических рубежа, отделяющие друг от друга секторы кайнозойской, мезозойской и более ранней складчатости [6]. В направлении от океанических островов к окраинным и далее к внутренним регионам материка ландшафтные связи суши формируются на все более древней литогенной основе в условиях ослабления новейших тектонических движений и последовательного погребения главного источника минерального питания фитобиоты (коренных кристаллических пород) под возрастающим чехлом гораздо более истощенных в этом отношении рыхлых отложений, прошедших многочисленные циклы сиаллитизации (оглинения), денудационного сноса и аккумуляции.

В том же восточно-западном направлении усиливается роль радиационных климатообразующих факторов и снижается влияние факторов циркуляционных (адвективных), поэтому в целом возрастает континентальность климата. Как следствие интерференции обеих групп факторов в направлении от окраин вглубь материка ослабевает (в рамках определенных зональных условий) общая интенсивность биогеохимических круговоротов веществ в системе почва–растение, замедляются процессы выветривания и почвообразования, наконец, снижается биологическая продуктивность ландшафтов. Все это происходит на фоне ослабления прямой ландшафтообразующей роли морфотектонических факторов и возрастающего значения экзогенных геоморфологических процессов. В облике ландшафтов все меньше сохраняется следов эндогенных сил (тектонических уступов, вулканических конусов, лавовых покровов и др.) и все больше преобладают остаточнo-денудационные и аккумулятивные формы рельефа.

Через описанную последовательность смены ландшафтных обстановок так или иначе прошли в геологическом прошлом все внутриматериковые территории Евразии. Континентально-океаническими шовными зонами в прошлом были Альпийско-Кавказско-Гималайский горный пояс, а также еще более древние складчатые герциниды Урала и Казахстана [7]. Новейшая орогенно-геосинклинальная область Тихоокеанского мегаэктона описывает начальные этапы развития очередной континентальной части географической оболочки Земли в процессе возрастного наращивания площади данного материка. По существу, речь идет о первичном ландшафтогенезе на суше – весьма слабо изученной области комплексной физической географии. Между тем первичный ландшафтогенез имеет непосредственное отношение к фундаментальным проблемам становления и развития континентальной биосферы, к познанию начальных механизмов поверхностного физико-географического процесса, в понимании А.А. Григорьева [8]. Этот процесс создавал в прошлом и постоянно формирует в настоящем ландшафтный облик материков.

В свете изложенного принципиальное значение имеет вопрос об основных географических закономерностях эволюции биосферы. В работах [9–11] выдвинута гипотеза о «законе геоэкосистемной эволюции биосферы». Претендуя по существу на развитие учения В.И. Вернадского о биосфере, она предполагает рассмотрение процессов развития последней как «... тесную пространственно-временную сопряженность тектоно-геоморфологической эволюции земной поверхности с формированием ландшафтных комплексов и связанных с ними биотических ... ассоциаций» [9, с. 5]. В качестве интегральных показателей парагенетической триады «тектоника – тип континентального литогенеза – биотические ассоциации» предлагаются два экологических потенциала – экосистемный и биогеохимический.

Этому представлению созвучна «тектоническая» гипотеза «эволюционно-биологических эффектов» на Курильских островах [10, 11], в которой также утверждается наличие прямой и притом синхронной связи между тектоническими и фитоценологическими процессами. В частности, указывается, что становление современных флористических и

фитоценологических структур региона напрямую обусловлено тектоническим погружением окраины Азиатского материка в олигоцен-четвертичное время более чем на 1.5 км, поэтому утверждается, что «... кажущаяся стабильность верхней границы леса ... отчетливо противоречит климату» [11, с. 211]. Пишется также, что «сборность сообществ большей части юга региона возникла в результате тектонического опускания суши, внедрения неморальных элементов и ценотипов в тайгу, надвигания растительности на реликты холодных каменных пустынь снизившихся высокогорий» [там же, с. 213].

Если такая «тектоническая» гипотеза «эволюционно-биологических эффектов» [10, с. 17] может серьезно обсуждаться по отношению к весьма длительным процессам видообразования и флорогенеза, то применительно к гораздо более динамичному «генезису сообществ» она представляется весьма сомнительной. Прежде всего эта гипотеза противоречит известным палинологическим материалам. Установлено, что в материковой части юга российского Дальнего Востока в течение только одного голоцена (10.5 тыс. лет) под воздействием гляциоэвстатических колебаний уровня океана и сверхвековых изменений климата происходила неоднократная и достаточно кардинальная смена типов растительного покрова: от березово-лиственничных лесов и редколесий с фригидной растительностью в эпохи регрессий моря и похолоданий до полидоминантных широколиственно-лесных формаций с участием термофильных пород в эпохи морских трансгрессий и климатических оптимумов [12].

Кстати, общий эволюционный биогеоценологический процесс на Курильских островах был предопределен восходящим, а не нисходящим развитием островной вулканотектонической морфоструктуры с расширением площади суши, поднятием рельефа и наращиванием системы вертикальной биоклиматической зональности [13]. Относительно инертная субстратная геона вулканогенных ландшафтов на каждом этапе своего развития создавала рамочные условия для проявления гораздо более высокочастотных эволюционных биогеоценологических процессов, связанных со сверхвековыми колебаниями климата и с соответствующими изменениями уровня Мирового океана.

Дискуссионным является также представление о том, что в районах современного вулканизма геолого-геоморфологический фактор – ведущий на всех иерархических уровнях геосистем. Дело в том, что геосистемная иерархия в биосфере потому и существует, что ее различные структурные уровни обладают неравнозначной чувствительностью к одному и тому же ландшафтообразующему фактору с той или иной частотой колебаний в силу неодинаковой частоты своих собственных колебаний [14]. По-видимому, необходимо рассматривать не один (единый) геолого-геоморфологический фактор, а определенный ряд литогенных факторов разного пространственного и временного масштаба.

Следует отметить, что сама логическая конструкция авторов работ [9–11] статична и безразмерна (и в этом смысле негеографична). Она вряд ли способна описать эволюцию как многоуровневый процесс, поскольку включает в себя геокомпоненты с весьма различными, просто несопоставимыми характерными временами. По этой причине бессмысленно говорить о взаимно однозначной (изоморфной) пространственно-временной сопряженности членов упомянутой выше триады, а именно в такой сопряженности данными авторами усматривается главное содержание эволюции. Отображения литогенеза в морфотектонике и их обоих в почвенно-биотических компонентах многозначно (гомоморфно), и эти отображения следует рассматривать лишь как рамочные условия для создания многообразия контактов различных природных сред, но не как сами механизмы эволюции биосферы.

Тезис о том, что «... этапность развития среды полностью определяет этапность развития биоты» [15, с. 79], также не раскрывает сущности географического детерминизма геокомпонентов с различными характерными временами. Эволюционные механизмы сосредоточены прежде всего, в преобразованиях наиболее высокочастотных, биотических геокомпонентов, о чем писал В.П. Семенов-Тянь-Шанский еще в 1928 г. Саму же эволюцию биосферы следует рассматривать «... как процесс прогрессивной экспансии жизни

на планете, совершающийся на основе создания ... новых экологических ниш» [16, с. 253].

Морфотектоническая предопределенность почвенно-биотических компонентов носит слишком грубый и обобщенный характер, адекватный лишь наиболее крупным подразделениям биосферы – в ранге физико-географических стран и географических поясов, с их характерными временами продолжительностью многие миллионы лет. Эта детерминированность не позволяет вскрыть все то пространственно-временное многообразие состояний и динамики биоты, которое имеет место в пределах одной и той же морфоструктуры и в котором как раз и скрыты механизмы и движущие силы самого эволюционного процесса. Например, Б.П. Колесников охарактеризовал леса юга российского Дальнего Востока «... как леса горно-долинного ландшафта и муссонного климата ... весьма изменчивые в пространстве и чрезвычайно динамичные, т.е. как исключительно многоформенные и непостоянные по внешнему облику» [17, с. 136]. Именно многоформенность и динамичность отличают лесные формации бореальной и неморальной Евразийской Субпацифики от их внутриматериковых равнинных и горных аналогов на Русской равнине и в Западной Сибири, на Урале и Алтае, в Саянах и Забайкалье, в Карпатах и Альпах.

Таким образом, несостоятельность представлений о «законе геоэкологической эволюции биосферы» [9–11], а также «тектонической» гипотезы «эволюционно-биологических эффектов» [10, 11] очевидна.

Важнейшими особенностями функционирования триады «литогенная геоба – педон – фитобиота» согласно [18] являются несопоставимость временных частот колебаний или времен релаксации составляющих ее компонентов, а также отсутствие каких-либо надежных корреляций между ними, если имеется более чем 3–4-кратное различие в периодах их релаксаций [14], в том числе и в возрасте их современного состояния. Разноскоростная лестница характерных времен является обязательным условием для развития любой разносубстратной экосистемы [19], а устойчивое, равновесное состояние такой системы обеспечивается ее пространственной и временной иерархической организацией [14]. Таковы в действительности основополагающие географические законы формирования биосферы.

Изложенная в книге [13] эмпирическая субглобальная модель также основывается на подобной триаде. Однако в отличие от упомянутых выше источников, авторы которых ограничиваются масштабами крупных зонально-региональных единиц Северной Евразии по меридиональным трансектам, «центр тяжести» эволюционного анализа здесь смещен на локальный (топологический) уровень природных комплексов. Это принципиально иная модель, раскрывающая достаточно глубинные механизмы эволюционных биосферных процессов. Как известно, сфера экосистем топологического уровня представляет собой наиболее комплексную и активную часть природной среды, ее функциональное «ядро» [6]. Вещественный и энергетический круговороты биогеоценозов взаимосвязаны и образуют гигантский круговорот биосферы Земли. В структуре и функционировании топогео(эко-)систем заложены истоки механизмов глобальных биосферных процессов и движущих сил эволюции биосферы [20], и именно здесь следует искать те самые «законы геоэкологической эволюции». Эти истоки должны стать, по нашему мнению, главным объектом эволюционного ландшафтно-экологического исследования.

Полимасштабный характер ландшафтно-экологических исследований

Дальнейшее развитие данного направления в мировой географической (в том числе ландшафтной) экологии связано с разработкой проблем иерархии природно-территориальных образований, которая обусловлена отношениями и связями между геокомпонентами и геопотоками, с одной стороны, и пространством создающихся ими структур, с другой [21–23]. Утверждается, что ландшафтное исследование должно быть полимасштабным, поскольку большинство ландшафтообразующих процессов и явлений может

быть понято только при анализе смежных иерархических уровней. При этом главное внимание необходимо обратить на свойства ландшафта как пространственно-гетерогенной системы: сложность, нелинейную динамику, эмерджентность, критические состояния, самоорганизацию.

Данное направление получило существенное развитие в отечественном ландшафтоведении [24, 25]. При освещении проблемы иерархии и масштаба установлены «резонансные» сочетания масштаба межкомпонентных отношений, создающих целостные ландшафтные структуры [26]. Разномасштабная система связей «вмещаемых» и «вмещающих» геокомпонентов прослежена на примерах бинарных отношений «рельеф (геологическое строение) – растительность». В обобщающей работе [27] представлена концепция, развивающая моносистемную ландшафтную парадигму Докучаева, с построением количественных (статистических) моделей межкомпонентных связей в полимасштабном географическом пространстве и с достаточно полной ландшафтно-экологической интерпретацией этих моделей. Раскрыты не только механизмы ландшафтной организации на различных структурных уровнях, но и межуровневые связи, характеризующие системообразующее участие геокомпонентов с различными характерными временами и соответствующей размерностью.

Моделирование полимасштабных ландшафтных связей – достаточно проблематичная задача. Дело в том, что фиксируемое непосредственно в поле качественное либо количественное значение того или иного выходного геокомпонентного признака-явления отображает воздействие множества входных признаков-факторов, как внутриуровневых, так и межуровневых, которые интерферируют не только с различной силой влияния, но даже с разным знаком, нередко нейтрализуя друг друга. Происходит гомоморфное отображение – кодирование информационных сигналов, идущих к данному признаку, с неизбежным уменьшением их разнообразия и с генерализацией результирующих свойств признака-явления. Кроме того, на внешние информационные потоки накладываются также процессы самоорганизации и саморазвития явления.

Таким образом, ландшафтовед имеет дело с «черным ящиком», по кибернетической терминологии. Расшифровка парциальных межкомпонентных связей путем обратного отображения с явления на искомый фактор весьма затруднена, ибо при диагнозе множества входных переменных по одной выходной переменной мы сталкиваемся с многозначным преобразованием (бифуркацией восстанавливаемых сигналов), при котором могут иметь место несколько исходов (искомых факторов и их значений) при одном и том же состоянии выходного признака-явления. Обратное изоморфное 1–1-отображение данного признака-явления в искомый признак-фактор становится невозможным; здесь удастся оценить лишь ту или иную долю вероятности парциальных связей.

Для решения этой методической проблемы в работе [27] была расширена процедура стандартного статистического анализа массового дискретного материала полевых исследований на экспериментальных полигонах, что существенно обогатило этот анализ применительно к таким сложным гетерогенным системам, как ландшафт. Суть разработанной автором методики (метода «регрессии поверхности отклика») состоит в построении системы уравнений множественной корреляции для операционных территориальных единиц (ОТЕ) и вмещающих геосистем (ВГ) разного пространственного масштаба с получением регрессионных коэффициентов и коэффициентов детерминации (КД) рассматриваемого явления каждым фактором либо совокупностью нескольких факторов. Подбор оптимальных масштабов ОТЕ и ВГ позволил выявить наиболее высокие значения КД, которые указывали на максимальную чувствительность явления к данному фактору или к совокупности факторов при данных значениях размерности ВГ, что и означало наличие соответствующей межкомпонентной связи – внутриуровневой либо межуровневой.

Классификация пространственных единиц по регрессионным коэффициентам дала возможность выявить геосистемы с единым типом межкомпонентных связей. Для анализа связей между различными комбинациями явлений и факторов введены такие операцион-

ные категории, как «характерное пространство процесса», «линейные размеры вмещающей геосистемы», «резонансные уровни», «суперфакторы – линейные комбинации перпендикулярных осей» и др.

Методологические аспекты научного поиска

Моделирование экотонных гео(эко-)систем и соответствующие ему методы сбора и обработки материала должны базироваться на следующих принципах.

1. Предварительный этап системно-структурного исследования состоит в построении трех ландшафтных карт на изучаемую территорию: мелкочастистых (парасоматических) ландшафтных структур, затем изопотенциальных и, наконец, векторных структур. Карты строятся с помощью традиционных методов ландшафтных съемок, а также дешифрирования аэро- и космических снимков и сопряженного анализа отраслевых природных карт.

Принципиально важной операцией является однозначное размежевание признаков, с одной стороны, изопотенциальной структуры, а с другой – структуры эпигенетической. Эта задача смыкается с проблемой соответствия пространственных и временных частот различных природных признаков, которая еще далека от своего удовлетворительного разрешения. В соответствии с известными методическими разработками [20, 27] можно принять следующее положение: на каждом таксономическом уровне ПТК ареалы изопотенциальной ландшафтной структуры должны быть по своим линейным размерам не менее чем в три раза больше тех ареалов, которые отвечают эпигенетической структуре. Такое хронологическое соотношение ландшафтного каркаса и ландшафтного узора примерно соответствует разнице их хронологических частот.

При охвате анализом больших площадей целесообразно использовать показатели статистической оценки варьирования признаков в двухмерном пространстве. Например, за меру территориальной изменчивости ландшафтного узора можно принять среднее квадратичное отклонение соответствующего ему параметра или приблизительно одну треть максимальной разности его значений на данной площади [28]. Тогда узловые линии изопотенциального поля проводятся через интервалы, равные удвоенной величине меры вариации ландшафтного узора. Применяется также метод сравнения функций плотности распределения пространственных частот измеряемых признаков на местности, по карте или аэрокосмическому снимку [29]. При этом допускается, что каждой категории геосистемной структуры в пределах одного гомогенного ареала отвечает некоторая однородная совокупность пространственных частот значений признака, описываемая одновершинной кривой нормального или логнормального распределения. Если модальные значения двух сравниваемых кривых различаются не менее чем в 3–4 раза, то эти кривые отображают, по-видимому, две разномасштабные категории структуры данного ландшафта, или, что то же самое, два соседних иерархических уровня. Аналогичный результат дает также применение анализа автокорреляционных функций и метода корреляционных плеяд.

Выделив разнопорядковые соотношения ландшафтного каркаса и узора, можно перейти и к выделению основных структурных уровней ландшафтной организации территории. Здесь целесообразно руководствоваться следующим правилом: тот минимальный размер ландшафтного ареала, при котором основная, наиболее существенная или доминирующая по площади часть ландшафтного каркаса (инварианта) переходит в категорию ландшафтно-узорных (переменных) свойств, с одновременным появлением нового инварианта, и является критическим размером, когда следует зафиксировать переход от нижестоящего структурного уровня природных комплексов к уровню вышестоящему.

2. Ландшафт–экотон выражается на карте, а также на аэро- или космическом снимке двухмерной моделью – определенным ареалом. Первую, векторную, координату модели создает геосинэргическая катена, простирающаяся в направлении преобладающих системобразующих геопотоков и объединяющая в относительно замкнутую парагенетическую

систему сопряженный ряд местоположений – от элювиального до аккумулятивного и супераккумулятивного. Вторая, изопотенциальная координата, в общем случае перпендикулярная первой, характеризует направление «поперечных» (сетобразующих) связей между соседними местоположениями – звеньями смежных катен.

На основе сопряженного анализа изопотенциальной и векторной структур территории устанавливаются, систематизируются и классифицируются ландшафтные экотоны данного иерархического уровня. Границы ареала геоэкотона проводятся: 1) по геосинергической координате – путем «замыкания» противоположных «полюсов» катен; 2) по второй координате – в местах смены одного сетобразующего ряда последовательной (или транзитивной) однородности местоположений другим рядом однородности. Одновременно составляются векторные и изопотенциальные ряды геосистем, входящих в данный ландшафтный экотон.

3. Многоуровневый хорологический анализ региона следует проводить индуктивным методом, начиная с наиболее простых ландшафтных экотонов (например, урочищ или местностей) и переходя затем к более крупным на основе последовательной пространственной генерализации свойств каждого предшествовавшего уровня. При генерализации существенное методическое значение имеет проблема выбора репрезентативных точек. При решении большинства задач имеет смысл, по-видимому, выделять для этого «типологические центры катен» [30], отображающие фоновую «норму» топогеосистем. В районах (или на локальных участках) избыточного увлажнения это будут преимущественно верхние звенья ландшафтного сопряжения (трансэлювиальные, ТЭ), при умеренном увлажнении территории – средние звенья (транзитные, Т), а в условиях недостатка влаги – нижние звенья катены (трансаккумулятивные, ТА).

Однако если поставлена задача выявить на геоэкотонах участки и направления, наименее устойчивые к внешнему воздействию, то репрезентативные точки должны определяться, очевидно, по совершенно иным критериям. В частности, для оценки техногенного загрязнения ландшафтов следует выбирать в первую очередь аккумулятивные (А) местоположения, а при других типах антропогенных воздействий (вырубка лесов, пастбищная дигрессия и др.) и при влиянии климатических колебаний первоочередными индикаторами экологических сдвигов служат верхние звенья катен – элювиальные (Э) и трансэлювиальные (ТЭ) местоположения, обладающие наименьшим экологическим резервом.

4. Карта геоэкотонов с нанесенной на них сетью географических точек представляет собой модель некоторого ландшафтно-экологического полигона для проведения заключительных этапов системного анализа и синтеза природных комплексов на основе математического моделирования. Анализ горизонтальных ландшафтных связей проводится путем сравнения пространственных изменений геокомпонентных структур (вертикальных связей) в двух отмеченных выше направлениях. При этом первостепенное значение имеют информационные (или иные вероятностно-статистические) меры геокомпонентной сопряженности между признаками ландшафтного каркаса и узора.

Эти меры отображают общий уровень организации ландшафта–экотона. Они же индицируют важнейшие структурные сдвиги в гео(эко-)системе в случае внешнего воздействия. Путем перекрестного сравнительного анализа векторных и изопотенциальных рядов межкомпонентной сопряженности вырисовывается картина искомого отображения «пространственных процессов в пространственной структуре» [23]. Это один из рациональных путей раскрытия функциональных свойств гео(эко-)систем разного иерархического уровня на основе материалов маршрутных (однократных) пространственно-временных ландшафтных срезов.

Информационные меры межкомпонентной сопряженности по векторному ряду экотонных звеньев характеризуют системообразующую роль данного геопотока. Путем сопоставления информационных мер связей с длиной векторного ряда отбиваются границы возможного распространения «волн» внешних воздействий. Градиенты же теоретико-множественных мер контрастности и включений различных местоположений отобража-

ют латеральную структуру геополей и геопотоков. По ним можно выявить направления воздействий с разной степенью их проводимости.

5. В региональном ландшафтном моделировании и картографировании ключевое значение имеет раскрытие механизмов формирования зональных, подзональных, а также локальных гидротермических границ. Выделить на местности или на карте ту или иную природно-территориальную единицу означает прежде всего очертить ее границы. Сама же граница оказывается там, где в наибольшей мере выражен ее пространственно дифференцирующий фактор (в данном случае гидроклиматический), по которому эта единица и выделяется. В «ядре» зональной системы пространственно дифференцирующая роль этого фактора снижается; она оказывается подчиненной действию других факторов (литогенных).

Зональная граница (в широком понимании данного термина) есть полоса критических состояний контактирующих между собой гео(эко-)систем – «представителей» двух соседних природных зон. Говоря о такой границе, мы подразумеваем переход от одного зонального типа ландшафта к другому типу, имея в виду прежде всего плакорные (Э и ТЭ) гео(эко-)системы с коренной растительностью, отображающей данный зональный физико-географический фон. Эти рубежи, характеризующие смену зонального фона, так сказать, в чистом виде можно выделить в качестве *климатогенных ландшафтных границ*. Однако в конкретной обстановке такие границы скорее исключение, чем правило. Так, на Русской равнине из всего набора сочетаний ландшафтных соседств, образующих ту или иную зональную границу, на долю рубежей климатогенного типа приходится не более 25–30 %, и лишь при переходе от широколиственных лесов к лесостепи эта доля достигает 55 %. В направлении с юга на север встречаемость и протяженность климатогенных границ уменьшаются; все большее распространение 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 ландшафтных единиц в интервал соответствующих им типов местоположений, а сами местоположения расположить по градиенту двух альтернативных эдафических 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) и крайне гидроморфных супераквальных (СА) гео(эко-)систем. Общая схема их факторной ординации имеет вид:



В результате для изучаемой территории мы получаем систему трансграничных ландшафтных соседств, где связи между ландшафтами имеют векторный характер.

Переход через зональную границу от более южной природной зоны к более северной означает на местности, как правило, смену типа местоположения от автономного к подчи-

ненному, чаще всего смены ТЭ → Э → Т → ТА → А → СА, 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, формируется 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 предвращения Спрыгина–Алехина.

Предлагаемый способ оценки местной факторально-динамической ординации зональной (а также подзональной и микрозональной) границы позволяет найти относительную меру критичности состояния приграничных ландшафтных единиц и тем самым установить степень потенциальной и реальной контрастности гидротермического рубежа. При этом потенциальная контрастность определяется градиентами фонового макро-, мезо- или микроклиматического поля, а реальная – деформациями этого поля геоморфологическими и почвенными факторами. С целью проведения такого анализа можно использовать предложенное нами [31] *парагенетическое расстояние* ($L_{нар}$) как величину взаимной удаленности в ряду литоморфности–гидроморфности [17] двух типов местоположений, которым соответствует данная связка приграничных видов ландшафтов. Парагенетическое расстояние выражается в шагах (или баллах). В трансграничной связке двух ландшафтных единиц на Э и Т местоположениях это расстояние равно 1 шагу (баллу), в паре Э и ТА природных комплексов – двум шагам, а для наиболее удаленных по макро-, мезо- или микрокатене друг от друга ТЭ и СА геос(эко-)систем насчитывает 5 шагов.

Минимальное парагенетическое расстояние ($L_{нар} = 1$ шагу) указывает на то, что фоновое поле лимитирующих климатических параметров на данном участке имеет резко выраженные градиенты, 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.

Максимальные же значения $L_{нар}$ (в 4–5 шагов) возникают на фоне «размытого», слабо градиентного макро-, мезо-, либо микроклиматического поля, когда сами гидротермические 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 от региональной климатической нормы зональных переходов. Высокая реальная контрастность границ означает также усиление положительной обратной связи в системе растительность–фитосреда.

Таким образом, парагенетическое расстояние можно использовать в качестве *меры относительной контрастности зональных(и в целом гидротермических) границ*, что имеет непосредственное отношение к региональному геоэкологическому прогнозу. Чем выше значение параметра $L_{нар}$, тем активнее проявляются латеральные геопотоки в системе ландшафтных сопряжений и тем соответственно сильнее должна быть ответная реакция местной ландшафтной текстуры на внешние климатические возмущения. 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 (локальных) факторов. 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.

Зональная граница любого ранга формируется как векторное природно-территориальное образование и может возникнуть лишь благодаря обусловленной почвенно-геоморфологическими факторами *пространственной упорядоченности структурных элементов по периферии двух соседних макро-, мезо и микрозон*. Трансграничная упорядоченность структурных элементов, гораздо более высокая, чем в «ядрах» зональных геосистем, по-видимому, важнейшее имманентное свойство природных границ [31].

Описанную функциональную систему формирования зональных границ правомерно рассматривать как возможный механизм дифференцированных сдвигов зональных рубежей при ожидаемых глобальных изменениях климата.

Заключение

Намеченные в настоящем сообщении широкомасштабные ландшафтно-экологические исследования в Тихоокеанской переходной зоне Азиатской России как уникальном участке географической среды могут стать беспрецедентными в практике комплексной физической географии и геоэкологии. Они будут, так или иначе, носить поисковый (пионерный) характер, со стратегической целью фундаментального значения – прежде всего дальнейшего развития теории эволюционных геоморфологических и почвенно-биогеоценологических процессов в Северо-Западной Пацифике как современном очаге зарождения континентальной биосферы. Эти исследования призваны заложить научно-методические основы моделирования, картографирования и анализа структуры и функционирования разноуровневых природных комплексов с векторными (и потому наиболее динамичными) свойствами, а также оценок их устойчивости к внешним воздействиям и прогнозирования их антропогенных изменений.

Литература

1. Юрцев Б.А. Проблемы ботанической географии Северо-Восточной Азии. Л.: Наука, 1974. 159 с.
2. Коломыц Э.Г. Ландшафтные исследования в переходных зонах. М.: Наука, 1987. 117 с.
3. Pietsch T.W., Bogatov V.V., Amaoka K., et al. Biodiversity and biogeography of the islands of the Kuril Archipelago // J. of Biogeogr. 2003. Vol. 30. P. 1297–1310.
4. Панфилов В.Д. Центры эволюции и исторические миграции биоты земного шара. Научный дневник. М.: Ин-т географии РАН, 2005. 448 с.
5. Худяков Г.И. Геоморфотектоника Юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 256 с.
6. Сочава В.Б. Избранные труды. Теоретическая и прикладная география. Новосибирск: Наука, 2005. 288 с.
7. Герасимов И.П. Проблемы глобальной геоморфологии. М.: Наука, 1986. 207 с.
8. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. М.: Мысль, 1966. 382 с.
9. Шило Н.А., Шумилов Ю.В. О законе геоэкосистемной эволюции биосферы // Пространственная и временная изменчивость природной среды Северо-Восточной Азии в четвертичный период. Магадан: Северо-Восточный научный центр ДВО РАН, 2001. С. 4–11.
10. Урусов В.М. Структура разнообразия и происхождение флоры и растительности юга Дальнего Востока. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1993. 129 с.
11. Урусов В.М., Чипизубова М.Н. Общие закономерности географического распределения формаций и типов растительности. Генезис растительности // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 203–220.
12. Короткий А.М. Основные палеогеографические стадии и рубежи в позднем плейстоцене и голоцене // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 43–73.

13. Коломыц Э.Г. Тихоокеанский мегаэктон Северной Евразии. Эволюционная модель континентальной биосферы. М.: ГЕОС, 2017. 496 с.
14. Пузаченко Ю.Г. Пространственно-временная иерархия геосистем с позиции теории колебаний // Вопросы географии. Сб. 127. Моделирование геосистем. М.: Мысль, 1986. С. 96–111.
15. Бейзель А.Л. Географические циклы как основа этапности развития среды и эволюции биоты // Эволюция жизни на Земле: Материалы. IV Междунар. симпозиум Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. С. 78–80.
16. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
17. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Труды Дальневост. фил. АН СССР. Т. 2 (4). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 263 с.
18. Арманд А.Д., Таргульян В.О. Некоторые принципиальные ограничения эксперимента и моделирования в географии // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1974. № 4. С. 129–138.
19. Таргульян В.О. О соотношении понятий «структура» и «функционирование» в исследованиях по географии экосистем // Современные проблемы географии экосистем. М.: Ин-т географии АН СССР, 1984. С. 10–15.
20. Шварц С.С. Эволюция и биосфера // Проблемы биогеоценологии. М.: Наука, 1973. С. 213–228.
21. Marseau D.J. The Scale issue in social and natural sciences // Canad. J. of Remote Sensing. 1999. Vol. 25, N 4. P. 347–356.
22. Phillips J.D. Global and local factors in earth surface systems // Ecological Modeling. 2002. Vol. 149, N 3. P. 257–272.
23. Forman R.T.T. Landscape Mosaics. Cambridge: Cambridge University Press (UK), 2006. 632 p.
24. Зейдис И.М., Кружалин В.И., Симонов Ю.Г. и др. Общие свойства динамики геосистем // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2001. № 4. С.3–8.
25. Пузаченко Ю.Г. Глобальное биологическое разнообразие и его пространственно-временная изменчивость // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 2. М.: Научный мир, 2006. С. 306–377.
26. Хорошев А.В. Рельеф как фактор полимасштабной организации межкомпонентных связей в лесных ландшафтах Восточно-Европейской равнины // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2010, № 3. С. 35–42.
27. Хорошев А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта. М.: КМК, 2016. 416 с.
28. Кренке А.Н. Континуальные модели в гляциологии // Основные понятия, модели и методы общегеографических исследований. М.: И-т географии АН СССР, 1984. С. 50–57.
29. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
30. Мордкович В.Г., Титлянова А.А. Катена как форма пространственного сочетания и взаимодействия биогеоценозов степного ландшафта // Современные проблемы географии экосистем. М.: Ин-т географии АН СССР, 1984. С. 41–42.
31. Коломыц Э.Г. Бореальный экотон и географическая зональность: атлас-монография. М.: Наука, 2005. 390 с.

References

1. Yurtsev, B.A. Problems of botanical geography of Northeast Asia. Nauka: Leningrad, Russia, 1974, 159 p. (In Russian)
2. Kolomyts, E.G. Landscape research in transition zones. Nauka: Moscow, Russia, 1987, 117 p. (In Russian)
3. Pietsch I, T.W.; Bogatov, V.V.; Amaoka, K. Biodiversity and biogeography of the islands of the Kuril Archipelago. *Journ. of Biogeography*. 2003, 30, 1297–1310.
4. Panfilov, V.D. Evolutionary centers and history migrations of biota of Earth Ball. Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences: Moscow, Russia, 2005, 448 p. (In Russian)
5. Khudyakov, G.I. Geomorpho-tectonics of South of Far East. Nauka: Moscow, Russia, 1977, 256 p. (In Russian)
6. Sochava, V.B. Selected works. Theoretical and applied geography. Nauka: Nivosibirsk, Russia, 2005, 288 p. (In Russian)
7. Gerasimov, I.P. Problems of global geomorphology. Nauka: Moscow, Russia, 1986, 207 p. (In Russian)
8. Grigoryev, A.A. Conformities to natural laws of composition and development of geographical environment. *Mysl'*: Moscow, Russia, 1966, 382 p. (In Russian).
9. Shilo, N.A.; Shumilov, Yu.V. On the law of geo-ecosystem evolution of the biosphere. In *Spatial and temporal variability of the natural environment of Northeast Asia in the Quaternary period*. North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: Magadan, Russia, 2001, 4–11. (In Russian)
10. Urusov, V.M. The structure of diversity and the origin of the flora and vegetation of the South of the Far East. Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1993, 129 p. (In Russian)
11. Urusov, V.M.; Chipizubova, M.N. General patterns of geographical distribution of formations and types of vegetation. Vegetation genesis. In *Geosystems of Far East of Russia on boundary of XX–XXI centuries. Vol.I. Natural geosystems and their components*, ed. Sergey S. Gasnzey., Dal'nauka: Vladivostok, Russia, 2008, 203–220. (In Russian)

12. Korotky, A.M. Kuril islands. In *Geosystems of Far East of Russia on boundary of XX–XXI centuries. Vol. I. Natural geosystems and their components*, ed. Sergey S. Gasnzey. Dal'nauka: Vladivostok, Russia, 2008, 110–118. (In Russian)
13. Kolomyts, E.G. Pacific ocean mega ecotone of Northern Eurasia. An evolutionary model of a continental biosphere. Nauka: Moscow, Russia, 2017, 496 p. (In Russian)
14. Puzachenko, Yu.G. Spatio-temporal hierarchy of geosystems in terms of theory of fluctuations. In *Questions of geography. Vol. 127. Modeling geosystems*, Mysl': Moscow, Russia, 1986, 96–111. (In Russian)
15. Beizel, A.L. Geographical cycles as a basis for the stage-by-stage development of the environment and the evolution of biota. In *Evolution of life on Earth*. Proceedings of the IV International Symposium. TML-Press: Tomsk, 2010, 78–80. (In Russian)
16. Shwartz, S.S. Ecological patterns of evolution. Nauka: Moscow, Russia, 1980, 278 p. (In Russian).
17. Kolesnikov, B.P. *Korean pine* forests of the Far East. The USSR Academy of Sciences Publishing House: Moscow-Leningrad, Russia, 1956, 263 p. (In Russian).
18. Armand, A.D.; Targulyan, V.O. Some fundamental limitations of experimentation and modeling in geography. *News of the USSR Academy of Sciences. Ser. Geography*. 1974, 4, 129–138. (In Russian)
19. Targulyan, V.O. On the relationship between the concepts of “structure” and “functioning” in the study of the geography of ecosystems. In *Contemporary Problems of the ecosystem geography*, ed. Roman I. Zlotin, and Yury A. Isakov. Institute of Geography, the USSR Academy of Sciences: Moscow, USSR, 1984, 10–15. (In Russian)
20. Shwartz, S.S. Evolution and biosphere. In *Problems of biogeocenology*, ed. Evgeny M. Lavrenko and Tiknon A. Rabotnov. Nauka: Moscow, USSR, 1973, 213–228. (In Russian)
21. Marceau, D.J. The Scale issue in social and natural sciences. *Canadian Journal of Remote Sensing*. 1999, 25(4), 347–356.
22. Phillips, J.D. Global and local factors in earth surface systems. *Ecological Modeling*. 2002, 149(3), 257–272.
23. Forman, R.T.T. *Landscape Mosaics*. Cambridge University Press: Cambridge, (UK), 2006, 632 p.
24. Zeidis, I.M.; Kruzhalin, V.I.; Simonov, Yu.G. et al. General properties of geosystem dynamics. *Bulletin of Moscow State University. Ser. 5. Geography*. 2001, 4, 3–8. (In Russian)
25. Puzachenko, Yu.G. Global biological diversity and its spatial and temporal variability. In *Modern global changes in the natural environment. Vol. 2*. Scientific world: Moscow, Russia, 2006, 306–377. (In Russian)
26. Khoroshev, A.V. Relief as a factor of multi-scale organization of intercomponent connections in forest landscapes of the East European Plain. *Bulletin of Moscow State University. Ser. 5. Geography*. 2010, 3, 35–42. (In Russian).
27. Khoroshev, A.V. Polyscale organization of the geographical landscape. KMK: Moscow, Russia, 2016, 416 p. (In Russian)
28. Krenke, A.N. Continuum models in glaciology. In *Basic concepts, models and methods of general geographic research*. Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences: Moscow, USSR, 1984, 50–57. (In Russian).
29. Vinogradov, B.V. *Fundamentals of landscape ecology*. GEOS: Moscow, Russia, 1998, 418 p. (In Russian)
30. Mordkovich, V.G.; Titlyanova, A.A. Catena as a form of spatial combination and interaction of biogeocenoses of the steppe landscape. In *Modern problems of the geography of ecosystems*. Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences of: Moscow, USSR, 1984, 41–42. (In Russian)
31. Kolomyts, E.G. Boreal ecotone and geographical zonality. Atlas-monograph. Nauka: Moscow, Russia, 2005, 390 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 07.02.2022; одобрена после рецензирования 10.03.2022; принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 07.02.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted for publication 23.03.2022.

