

УДК 911.52

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

© 2016 г. А.В. Хорошев

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
Москва, Россия*

e-mail: avkh1970@yandex.ru

Поступила в редакцию 03.07.2015 г.

В статье дается обзор наиболее актуальных проблем, решаемых при изучении структуры ландшафта в рамках русскоязычного ландшафтоведения и англоязычной ландшафтной экологии. На современном этапе преобладает представление о полиструктурности ландшафта. Расширение диапазона методов позволяет распознавать разнотипные ландшафтные структуры и по их особенностям выявлять генезис и системообразующие потоки вещества и энергии. Наблюдается смещение интереса методологических поисков в сторону способов отражения континуальных свойств ландшафта, в том числе с применением вероятностного картографирования. Разнообразие подходов к описанию полиструктурности способствует совершенствованию адаптации хозяйственной деятельности к ландшафтной структуре с учетом многофункциональности ландшафта. Актуальна разработка планировочных решений с учетом сохранения эмерджентных свойств, возникающих в результате совокупного влияния элементов пространственной структуры геосистемы. Выделены наиболее актуальные проблемы: механизмы и условия взаимодействия или наложения разнотипных структур; количественная оценка степени дискретности/континуальности границ геосистем; критерии эмерджентных свойств геосистем; учет множественности устойчивых состояний ландшафта при принятии планировочных решений.

Ключевые слова: ландшафтоведение, ландшафт, структура, полиструктурность, границы, эмерджентность, ландшафтное планирование.

Введение. В работе К.Н. Дьяконова [9] выделяются четыре основных направления развития современного ландшафтоведения, к числу которых он относит структурно-генетическое, функционально-динамическое, эволюционное и прикладное. Грань между первыми двумя направлениями необязательно считать строгой в силу тесной связи между ключевыми понятиями, заключенными в их названиях. На основании логики развития и достижений географии в XX в. сформулирована идея о том, что связь между потоками и соответствующими пространственными проявлениями, т.е. между структурой, процессами и стадиями развития, может составить сердцевину нового типа синтеза в географии [37]. Это в полной мере относится к современному ландшафтоведению. Именно взаимоотношения “процесс – структура” обозначены как основной предмет и англоязычной, и немецкоязычной ландшафтной экологии [48, 57]. Задача статьи – дать обзор круга наи-

более актуальных проблем изучения структуры ландшафта в рамках ландшафтоведения и ландшафтной экологии и подходов к их решению. Работа основана на анализе публикаций в основном последних двух десятилетий. Выбранный период выделяется по резкому росту разнообразия технологий анализа данных, что придало мощный импульс развитию количественных методов изучения структуры ландшафта.

Под материальным содержанием структуры в общем смысле понимается совокупность составляющих систему элементов в их взаимосвязи друг с другом [36]. Принято различать вертикальную и горизонтальную структуры ландшафта, однако в эти понятия в разных ландшафтных школах вкладывается разный смысл. В русскоязычном ландшафтоведении “горизонтальная структура” обычно отождествляется с “морфологической структурой ландшафта” [24, 34]. Под “вертикальной структурой” понимаются состав и взаимо-

отношения компонентов. В аналогичном смысле нидерландский исследователь И. Зонневельд различает вертикальную и горизонтальную гетерогенность [74]. В немецкой школе термин “вертикальная структура” также применяется к набору и отношениям вещественных компонентов [43]. Относительно пространственной структуры делается различие между первичной (связанной с природными факторами, генезисом и историей землепользования) и вторичной (отражающей современное землепользование) структурой [57]. В словацкой школе принято различать в ландшафте первичную (компонентную), вторичную (антропогенную, в основном пространственную структуру землепользования) и третичную (социально-экономическую) структуру [66]. В англоязычной ландшафтной экологии ландшафт как сложная система имеет вертикальную структуру (понимаемую как асимметричные отношения между уровнями) и горизонтальную структуру (симметричные отношения между пространственными единицами – холонами) [72], причем часто со структурой отождествляют только пространственную гетерогенность [48].

Проблема многообразия ландшафтных структур заключается в неполном понимании взаимоотношений между типами структур. Если на начальном этапе развития ландшафтоведения выделение структур на основе генезиса представлялось единственно правильным [34], то на рубеже веков преобладает представление о существовании в одном пространстве разных типов пространственных структур. М.Д. Гродзинский [7] различает следующие типы пространственных структур (называемые им “конфигурациями”, что не вполне удачно, поскольку речь идет не только о геометрических формах): генетико-морфологические, позиционно-динамические, парагенетические, бассейновые и биоцентрично-сетевые. Каждая из них описывает одну из сторон географической реальности и в зависимости от задач исследования может выступать как основная. “Генетико-морфологическая конфигурация”, подробно изученная в работах школ Н.А. Солнцева, А.Г. Исаченко, К.И. Геренчука, показана как предпочтительная в некоторых современных учебниках [6, 21, 22] и критически анализируется в других [14]. Генезис ландшафта в концепции морфологической структуры прежде всего отождествляется с генезисом морфолитогенной основы. Приоритетная информативность генетического принципа подвергается на современном этапе сомнению. Так, Г.А. Исаченко [12] называет генетические подразделения рельефа малоинформативными для типологии геоконплексов

и понимания их структуры в силу их повсеместной дискуссионности. Более значимыми он считает характеристики литологического состава отложений и морфологии рельефа. Сомнение в приоритетности генетического подхода высказал Е.Ю. Колбовский [15]. А.Н. Ласточкин [20] считает, что морфологический подход в ландшафтоведении (прежде всего через формализацию рельефа и выделение геотопов) заслуживает гораздо большего внимания. Он называет прежние приоритеты середины XX в. “генетическим флюсом”, который проявился и в геоморфологии. Широко используемый на практике традиционный генетико-морфологический подход опирается на принцип детерминизма и придает самое высокое таксономическое значение генезису почвообразующих отложений. Это отражается, например, в том, что ландшафт будет определен прежде всего как моренный и только на более низком таксономическом уровне будет указано на внутренние контрасты, обусловленные современным перераспределением влаги, миграцией элементов минерального питания, динамикой растительного покрова или антропогенными модификациями. Строго говоря, эту иерархию необходимо доказывать количественными оценками межкомпонентных связей, а не принимать *a priori*. Современные ландшафтоведческие подходы к морфометрическому исследованию рельефа [10, 13, 23, 28, 35] нацелены на поиск объективных количественных способов распознавания ландшафтных структур, трактовки их генезиса и выявления контролируемых ими потоков вещества и энергии. Современная тенденция к описанию и прогнозированию процессов через пространственные структуры противостоит, но в то же время дополняет традицию ландшафтоведения изучать процессы как факторы формирования пространственной структуры (“факторы дифференциации”). С другой стороны, англоязычные исследователи призывают перенести внимание с пространственной организации как таковой, что было приоритетом ландшафтной экологии в 1990-е годы [48], на экологические процессы и их роль в возникновении пространственных структур [73]. В этом смысле русскоязычное ландшафтоведение и англоязычная ландшафтная экология изначально рассматривавшие связки “процесс – структура” с разных сторон, но ныне сближаются по подходам.

Процессы в ландшафте имеют разные характерные времена [2, 74]. Взаимодействовать могут только тела и процессы с близкими характерными пространственными и/или временными масштабами [35, 44, 67]. Если процессы имеют разные характерные временные и пространствен-

ные масштабы, то в отсутствие взаимодействия их следствия могут накладываться друг на друга (суммироваться) или находиться в отношениях подчинения. В случае взаимодействия процессов возможен эмерджентный эффект. Невозможность допустить всеобщую однозначную взаимосвязанность компонентов вызвало к жизни представление о полиструктурности ландшафта, которое разрабатывается с 1970 г. [16, 29, 32]. Ландшафт представляется как суперпозиция относительно независимых пространственных структур, причем традиционное подразделение по свойствам морфолитогенной основы рассматривается как частный случай. Иркутские исследователи рассматривают ландшафт с позиций теории расслоения как полисистему, состоящую из множества непересекающихся моносистем [19, 40]. Украинский исследователь И. Круглов [18] предлагает понятие “геоэкосистема” и выделяет группы морфогенных, литогенных, биогенных, гидрологических (бассейновых), функциональных, экспозиционно-климатических и других геоэкосистем. Эффекты взаимодействия и наложения разнотипных структур представляются одной из актуальнейших тем. Необходимо разработать методы разделения вкладов в ландшафтную дифференциацию жесткого морфолитогенного каркаса и процессов саморазвития других не зависящих от него типов структур. Отсюда понятна проблема оценки степени объективности ландшафтных границ.

Проблема границ заключается в трудностях определения вероятности того, что исследователь не ошибся и морфолитогенная граница является в полном смысле ландшафтной, то есть отражается в резкой смене свойств всех или большинства компонентов. Этот вопрос сейчас остро поставлен и в англоязычной науке о ландшафте [45, 54, 64]. Давно отмечено, что сущность многих ландшафтов составляет их переходный экотонный характер, поэтому обособляется важная тема ландшафтоведения: причины формирования резких или постепенных ландшафтных границ, соотношение и способы идентификации ядер типичности и экотонов [24, 43]. Из несовпадения характерных времен компонентов ландшафта, их разной инерционности следует неполная их взаимoadaptированность и широкое распространение постепенных переходов между геосистемами, которые, по мнению Г.А. Исаченко [12], вообще преобладают в природе. В англоязычной науке о ландшафте, как и в русскоязычной, методологические поиски смещаются в сторону способов отражения континуальных свойств. Примером служит “ландшафтно-градиентная” модель с

привлечением морфометрических индексов рельефа и вегетационных индексов по космическим снимкам [60]. Ландшафтные границы рассматриваются как площадной объект, который имеет соизмеримые масштабы с площадями ядер типичности [3]. Для выделения переходных зон между ландшафтными комплексами предложена информационная мера; представленные карты предлагают новый подход к ландшафтному картографированию, исходящий из представлений о континуальности ландшафтной структуры [3]. На идею вероятностного характера пространственных соотношений между геокомпонентами [11] опираются подходы, применяющие вероятностное картографирование [17, 45, 53].

Вероятностный подход к решению проблемы объективности ландшафтных границ позволяет на основе анализа межкомпонентных связей рассчитать и показать на карте вероятность соответствия операционной территориальной единицы типичным характеристикам класса, а также меру неопределенности классификационной принадлежности [38]. Для участка, где соседние единицы принадлежат к разным классам и характеризуются низкой неопределенностью (т.е. очень высокой вероятностью соответствия типичным характеристикам одного класса и низкой – характеристикам других классов), можно проводить резкую границу. При высокой неопределенности констатируется сочетание в вертикальной структуре свойств разных классов (например, в силу большей инертности одних компонентов и меньшей – других), граница становится расплывчатой. В этих условиях затрудняется прогноз изменений при внешнем воздействии. С точки зрения динамики и эволюции, это может означать высокую вероятность изменения одного компонента для адаптации к свойствам другого (более инертного) или возможность нескольких устойчивых комбинаций компонентов (с точки зрения ландшафтного планирования, – разнообразие возможностей использования). В зависимости от целей приоритетное внимание уделяется тому или иному типу структур, что отражается в многообразии видов картографирования [7, 33, 56]. Выработка оснований для картографирования направлена на обоснование экологически безопасной адаптации к ландшафтной структуре видов хозяйственных угодий (важнейшая, по мнению автора, задача ландшафтного планирования) и конкретных технологий (задача отраслевого планирования).

Проблема эмерджентности состоит в необходимости разработать критерии оценки эффекта совокупного воздействия элементов пространственной структуры на свойства геосистемы в це-

лом. В.А. Боков [4] обращает внимание на значимость принципа инвариантности относительно изменения масштаба. Например, чем больше площадь водосбора, тем больше вероятность того, что отдельные отклонения от фона будут компенсированы противоположными явлениями [4]. Эффекты компенсации утраченных экологических функций одних элементов ландшафта другими его элементами в ландшафтоведении изучены слабо, хотя исключительно важны с практической точки зрения. Утрата при хозяйственных нагрузках тех или иных экологических функций (убежище для животных, регулирование стока, регулирование теплового режима и др.) при планировочных решениях должна быть компенсирована сохранением, восстановлением или созданием аналогичного природного комплекса в другой части ландшафта или бассейна. К числу актуальных прикладных задач относятся размещение компенсирующих, связующих, буферных элементов ландшафта; регулирование направлений и интенсивности потоков; распределение очередности ресурсопользования в пространстве и времени; создание оптимальных площадных пропорций и соседств хозяйственных угодий.

Механизмы возникновения эмерджентных свойств пространственной структуры ландшафта еще ждут своего глубокого исследования в ландшафтоведении. В русскоязычной географии увлечение идеологизированной критикой “геттерерианства” затормозило развитие пространственного анализа. Прогресс в этом направлении связан с разработкой концепции математической морфологии ландшафта [5], в которой созданы канонические модели ландшафтных рисунков для ландшафтов разного генезиса, способствующие прогнозированию процессов. В англоязычной ландшафтной экологии пространственный анализ составляет сердцевину концепции, хотя и с более простым математическим аппаратом. С начала 1990-х годов разработан огромный набор метрик, характеризующих пространственную структуру ландшафта. Они сведены в серии широко используемых в ландшафтной экологии программ, таких как SPAN [69], Fragstats [59], RULE и ее поздняя модификация QRULE [50], EMAP-L [46]. Более поздние программы расширили возможности полимасштабного анализа объектов неправильной формы и встроены в специальные ГИС, как, например, “r.le” – в GRASS [42]. Проверка информативности ландшафтных метрик выявила целый ряд проблем: чувствительность к пространственному разрешению и масштабу, корреляция многих метрик между собой, неоднозначная связь индексов с пространственными структурами,

недостаточность “двухмерного” взгляда на ландшафт и др. [68]. Важное направление исследований – оценка ландшафтного разнообразия, исходя не только из пространственной мозаики растительного покрова, но и из отношений между компонентами ландшафта – почвами, водами, отложениями, растительностью [47, 52]. Однако основная часть рассуждений об эмерджентных свойствах остается на уровне теоретических выкладок [63]. Заметные результаты исследований эмерджентности в ландшафтной экологии можно пока констатировать разве что в оценке зависимости жизнеспособности популяций животных от взаиморасположения и пропорций пространственных элементов ландшафта. В.М. Пашенко [25] видит связь между инвариантностью и эмерджентностью и соотносит ее со стадией развития, которая состоит в замещении инвариантных составляющих структуры эмерджентными в распадающемся инвариантном ядре и замещении эмерджентных составляющих инвариантными в формирующемся ядре. Основная трудность видится в том, что эмерджентность возникает как результат одновременного проявления разномасштабных процессов [51, 55], а методы транспонирования информации из одного масштаба в другой разработаны пока слабо. Например, уровень трофности пойменных почв и обилие нитрофильных видов в травяном ярусе может определяться, с одной стороны, разгрузкой грунтовых вод у подножья коренного склона (эффект уровня катены), с другой – привносом минеральных веществ во время половодья (эффект уровня бассейна), с третьей – перераспределением вещества гравитационными процессами между повышенными и пониженными фациями пойменного урочища (эффект фациального уровня).

Проблема масштаба возникает вследствие противоречия между точечным масштабом сбора данных и площадным характером принятия решений в природопользовании [70]. Суть проблемы: как экстраполировать закономерность, полученную по точечным данным, на уровень ландшафта [58]. В связи с этим возникает необходимость строгого определения иерархических уровней, на которых проявляются те или иные процессы, обуславливающие взаимосвязанное варьирование свойств плеяд компонентов и возникновение целостных структур. С точки зрения прикладного направления, решение задачи направлено на определение уровней управления и примерной дробности деления территории на относительно однородные участки (особенно при господстве континуальных структур), допускающие одинаковые планировочные решения.

Особенный интерес вызывает определение диапазона иерархических уровней, в пределах которого наблюдается самоподобие структур и процессов [27]. Исследования сложности ландшафта как функции формы самоподобных пространственных единиц средствами фрактального анализа заняли прочное место в науке о ландшафте и в специальных компьютерных программах [28, 49, 61]. Диапазон масштабов, в котором соблюдается степенная зависимость, соответствует диапазону самоподобия явления [73]. Самоподобие межкомпонентных связей может быть отражено серией однотипных уравнений (например, с одинаковыми знаками и пропорциональными значениями коэффициентов), а в идеальном случае – одним и тем же уравнением [39]. Например, продуктивность древостоя контролируется по некоторому правилу выпуклостью/вогнутостью форм микрорельефа, и по такому же правилу различаются средние уровни продуктивности междуречий и долин. Тогда можно говорить о самоподобию перераспределения вещества по горизонтали и биологического поглощения.

Полиструктурность и полимасштабность ландшафта делает острой проблему выявления оптимального масштаба принятия ландшафтно-планировочных решений. Он должен быть адекватен характерному пространственному и временному масштабу процессов, к которым предполагается адаптировать многофункциональное землепользование или которые предполагается регулировать. Проблема состоит в том, что планировочное решение, принимаемое в масштабе X и оптимизирующее одну функцию, может минимизировать выполнение другой функции, для которой требуется решение в масштабе Y. Например, рост продуктивности древостоя в заболоченном ландшафте для последующей рубки достигается осушительной мелиорацией, которая охватывает крупное приводораздельное урочище. В то же время это урочище может оказаться функционально неотъемлемой частью местности, так как включено в миграционные потоки охотничье-промысловых видов животных, поэтому может потребоваться неизменное состояние этого урочища в силу его безальтернативности в данной местности как необходимого местообитания.

Проблема устойчивости структуры заключается в наличии участков ландшафта с различной жесткостью межкомпонентных связей, которая влияет на соотношение разных видов устойчивости. Это следует из существования ядер типичности и переходных зон (экотонов) с неполной взаимоадаптацией компонентов. Расширенный диапазон возможных сочетаний свойств может

означать допустимость нескольких устойчивых состояний. Это проявление одного из видов устойчивости [1, 27, 31, 62, 65, 71]. Равновероятностные переходы геосистемы из одного устойчивого состояния в другое и обратно могут провоцироваться случайными сочетаниями событий. Особое внимание привлекает проблема бифуркации – равновероятностного “выбора” геосистемой одного из устойчивых состояний или хаотического состояния после прохождения (во времени) критической “точки”. Принципиальная непрогнозируемость траектории развития после достижения точки бифуркации ставит методологическую проблему выявления диапазона возможных устойчивых состояний. Возможность нескольких устойчивых состояний следует из нелинейных связей между компонентами: например, уравнение второй степени имеет два решения. Нелинейные взаимодействия сейчас находятся в центре внимания науки о ландшафте [8, 26, 27, 63, 73]. В.И. Чупрынин [41] выделяет следующие виды нелинейных эффектов в геосистемах: неустойчивость, обострение и локализация, “забывание”, множественность режимов функционирования, бифуркация, катастрофа, взаимовлияние подсистем, эмерджентность, когерентность, самоорганизация, видовое разнообразие, стохастичность, эволюция. Определение диапазона возможных состояний ландшафта позволяет рассчитывать допустимые антропогенные нагрузки и определять набор допустимых видов землепользования.

Проблема ареалов однотипных связей и эргодичности заключается в необходимости корректно определять ареалы допустимой экстраполяции информации о виде связи. Получив информацию о наличии нелинейной связи между исследуемыми свойствами можно разделить область значений аргумента на ограниченные интервалы, при которых отклики функции линейны, но имеют разные знаки, либо отклик отсутствует вообще. Выявление ареала действия линейной или нелинейной связи рассматривается как подход к решению проблемы локальной специфики связей внутри ландшафта. В частности, можно устанавливать границы нуклеарных систем, существование которых обосновано теоретически [30], но, к сожалению, без строгих количественных критериев. Представим, что нуклеарная система образуется склоновой разгрузкой высокоминерализованных грунтовых вод в тайге. Если соотношение мегатрофных и олиготрофных видов меняется в некотором ареале закономерно по единому правилу в зависимости от уровня грунтовых вод и/или расчлененности рельефа (то есть описывается единым уравнением), то можно описать

размеры и форму этого ареала, т.е. идентифицировать и нанести на карту нуклеарную систему. В этом примере процесс разгрузки грунтовых вод служит и интегрирующим фактором (объединяет территорию единым правилом пространственной организации), и фактором дифференциации (разная интенсивность процесса в пределах этой территории создает пространственные различия). Тогда противопоставление факторов дифференциации и факторов интеграции оказывается весьма условным. Кроме того, можно сделать более формализованной и корректной процедуру разграничения геосистем на основании однотипного сочетания контрастных элементов, переходы между которыми подчиняются единому правилу (например, местности).

Решение проблемы локальной специфики межкомпонентных связей создает основы для решения другой актуальной проблемы, имеющей тесную связь с практикой в вопросе расчета допустимых нагрузок, – корректности применения эргодического подхода, к которому ландшафтоведение “присматривается” достаточно давно [24, 25, 32]. Если известны правило дифференциации территории (например, изменение биопродуктивности по градиенту уровня грунтовых вод) и ареал действия этого правила, если пространственный градиент можно представить как градиент степени выраженности процесса во времени, то в этом ареале можно более или менее уверенно прогнозировать изменения в ландшафте при гипотетических антропогенных нагрузках (например, биопродуктивности при осушительных мелиорациях).

Заключение. На современном этапе в науке о ландшафте сложилось представление о сосуществовании разных типов ландшафтных структур. Каждая из структур описывает одну из сторон географической реальности и в зависимости от задач исследования может рассматриваться как основная. На основе цифровых моделей рельефа и космических изображений созданы формализованные методы, позволяющие распознавать ландшафтные структуры, и по их особенностям выявлять генезис и системообразующие потоки вещества и энергии. Наблюдается постепенное смещение методологических поисков в сторону способов отражения континуальных свойств ландшафта, в том числе средствами вероятностного картографирования. Актуальной прикладной задачей следует считать разработку планировочных решений с учетом сохранения эмерджентных свойств, возникающих в результате совокупного влияния элементов пространственной структуры геосистемы. Существует необходимость строгого

определения иерархических уровней, на которых проявляются те или иные процессы, обуславливающие взаимосвязанное варьирование свойств плейд компонентов и возникновение целостных структур. Рост интереса к нелинейным эффектам межкомпонентных взаимодействий выявил принципиальную непрогнозируемость траектории развития после достижения точки бифуркации, что ставит методологическую проблему выявления диапазона возможных устойчивых состояний. Оценка вклада нелинейных взаимодействий актуальна для определения ареалов однотипных межкомпонентных связей, что позволило бы корректнее использовать возможности эргодического подхода к прогнозированию. В структурном направлении современного ландшафтоведения наиболее актуальны следующие проблемы: механизмы и условия взаимодействия или наложения разнотипных структур; количественная оценка степени дискретности/континуальности границ геосистем; критерии эмерджентных свойств геосистем; множественность устойчивых состояний ландшафта при принятии планировочных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд А.Д. Необратимые изменения ландшафтов // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика. Матер. XI Междунар. ландшафтной конф. М.: Географический факультет МГУ, 2006. С. 31–33.
2. Арманд А.Д., Таргульян В.О. Принцип дополнителности и характерное время в географии // Системный подход в географии. М.: ИГРАН, 1972. С. 18–23.
3. Бобра Т.В. Ландшафтные границы: выявление, анализ, картографирование. Симферополь: Таврия-Плюс, 2005. 168 с.
4. Боков В.А. Пространственно-временные отношения как фактор формирования свойств геосистем // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1992. № 2. С. 10–16.
5. Викторов А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М.: Наука, 2006. 252 с.
6. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение. М.: КолосС, 2006. 216 с.
7. Гродзинский М.Д. Історія ландшафтної екології як її самоорганізація // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия “География”. Т. (63). 2011. № 1. С.15–25.
8. Гродзинский М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір. 2 т. Київ: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”. 2005. Т. 1. 431 с.; Т. 2. 503 с.

9. Дьяконов К.Н. Базовые концепции и понятия ландшафтоведения // Географические научные школы Московского университета. М.: Городец, 2008. С. 348–386.
10. Ерофеев А.А. Ландшафтно-экологический анализ бассейнов малых рек на основе геоинформационного моделирования (на примере малых рек Томска и его окрестностей). Дис. ... канд. геогр. наук. Томск: ТГУ, 2012. 175 с.
11. Исаченко А.Г. Теория и методология географической науки: М.: Академия, 2004. 400 с.
12. Исаченко Г.А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб.: Изд-во СПГУ, 1999. 111 с.
13. Козлов Д.Н. Цифровой анализ ландшафта в крупномасштабном картографировании структур почвенного покрова. Дис. ... канд. геогр. наук. М.: ИГРАН, 2009. 138 с.
14. Колбовский Е.Ю. Ландшафтоведение. М.: Академия, 2006. 480 с.
15. Колбовский Е.Ю. Нерешенные вопросы ландшафтоведения и ландшафтное планирование // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 5. С. 19–29.
16. Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. 311 с.
17. Кренке А.Н.-мл., Пузаченко М.Ю., Пузаченко Ю.Г. Уточнение содержания тематических карт на основе данных дистанционного зондирования // Изв. РАН. Сер. геогр. 2011. № 4. С. 86–96.
18. Круглов І. Ландшафт як геоекосистема // Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна. 2006. Вип. 33. С. 186–193.
19. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Отв. ред. А.К. Черкашин. Новосибирск: Наука, 2005. 424 с.
20. Ласточкин А.Н. Общая теория геосистем. СПб.: Лемма, 2011. 980 с.
21. Міллер Г.П., Петлін В.М., Мельник А.В. Ландшафтознавство. Теорія і практика. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. 172 с.
22. Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение. Минск: БГУ, 2007. 206 с.
23. Мкртчян О. Принципи автоматизованого ландшафтно-екологічного картування // Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. 2008. Т. 21 (60). № 2. С. 238–247.
24. Николаев В.А. Ландшафтоведение. М.: Изд-во МГУ, 2006. 208 с.
25. Пащенко В.М. Теоретические проблемы ландшафтоведения. Киев: Наук. думка, 1993. 283 с.
26. Петлін В.М. Стан і перспективи розвитку природничої географії // Український географічний журн. 2010. № 2. С. 14–21.
27. Пузаченко Ю.Г. Методологические основы географического прогноза и охраны среды. М.: Изд-во УРАО, 1998. 212 с.
28. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. Экоцентр МГУ, 2002. С. 76–177.
29. Раман К.Г. Пространственная полиструктурность топологических геокомплексов и опыт ее выявления в условиях Латвийской ССР. Редакционно-издательский отдел ЛГУ им. Петра Стучки: Рига, 1972. 48 с.
30. Ретеюм А.Ю. Земные миры. М.: Мысль, 1988. 266 с.
31. Светлосанов В.А. Устойчивость природных систем к природным и антропогенным воздействиям. М.: Изд-во 11-й формат, 2009. 100 с.
32. Солнцев В.Н. Структурная организация ландшафтов. М.: Наука, 1981. 239 с.
33. Солнцев В.Н., Рыжков О.В., Трегубов О.В., Алексеев Б.А., Калуцкова Н.Н., Анцифорова А.А. Использование GPS- и ГИС-технологий для изучения природных комплексов особо охраняемых природных территорий (на примере ландшафтной структуры Воронежского Биосферного заповедника) Тула: Гриф и Ко, 2006. 216 с.
34. Солнцев Н.А. Природный ландшафт и некоторые его общие закономерности. Труды II Всесоюзного географического съезда. Т. I. М.: Географгиз, 1948. С. 258–269.
35. Сысуйев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения. М.: географический факультет МГУ, 2003. 175 с.
36. Философский словарь / Под ред. Фролова И.Т. М.: Политиздат, 1991. 560 с.
37. Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Прогресс, 1974. 502 с.
38. Хорошев А.В., Прозоров А.А., Котлов И.П., Бочкарев Ю.Н., Столповский А.П. Изучение развития пространственной структуры ландшафта через понятие неопределенности классификационной принадлежности ПТК // Фундаментальные исследования взаимодействия суши, океана и атмосферы. М.: МАКС пресс, 2002. С. 197–198.
39. Хорошев А.В., Алещенко Г.М. Методы выделения геосистем с единством межкомпонентных отношений // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 120–126.
40. Черкашин А. К., Истомина Е. А. Выделение границ функционально однородных ареалов на космических снимках на основе вычисления определителя Якоби // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 157–165.
41. Чупрынин В.И. Нелинейности в геосистемах // Изв. РАН. Сер. геогр. 2003. № 6. С. 7–14.
42. Baker W. The r.le programs. A set of GRASS programs for the quantitative analysis of landscape structure. University of Wyoming, 2001. 60 p.
43. Bastian O., Steinhardt U. (Eds.) Development and perspectives of landscape ecology. Boston: Kluwer Acad. Publ., 2002. 498 p.

44. *Bolliger J., Wagner H.H., and Turner M.G.* Identifying and quantifying landscape pattern in space and time / Kienast F., Wildi O., Ghosh S. (Eds.) A changing world. Challenges for landscape research. Springer, 2009. P. 177–194.
45. *Burrough P.A., Wilson J.P., van Gaans P.F.M., and Hansen A.J.* Fuzzy k-means classification of topo-climatic data as an aid to forest mapping in the Greater Yellowstone Area, USA // *Landscape Ecology*. 2001. Vol. 16. No. 6. P. 523–546.
46. *Cain D.H., Riitters K., and Orvis K.* A multi-scale analysis of landscape statistics // *Landscape Ecology*. 1997. Vol. 12. P. 199–212.
47. *Ernault A., Bureau B. and Poudevigne I.* Patterns of organisation in changing landscapes: implications for the management of biodiversity // *Landscape Ecology*. 2003. Vol. 18. P. 239–251.
48. *Forman R.T.T.* Land Mosaics. Cambridge Univ. Press, 2006. 632 p.
49. *Frohn R.C.* Remote sensing for landscape ecology. New metric indicators for monitoring, modeling and assessment of ecosystems. New York, Lewis Publ., 1998. 99 p.
50. *Gardner R.H. and Urban D.L.* Neutral models for testing landscape hypotheses // *Landscape Ecology*. 2006. Vol. 22. P. 15–29.
51. *Hall O., Hay G.J., Bouchard A. and Marceau D.J.* Detecting dominant landscape objects through multiple scales: An integration of object-specific methods and watershed segmentation // *Landscape Ecology*. 2004. Vol. 19. No. 1. P. 59–76.
52. *Hanan E.J. and Ross M.S.* Across-scale patterning of plant-soil-water interactions surrounding tree islands in Southern Everglades landscapes // *Landscape Ecology*. 2010. Vol. 25. P. 463–476.
53. *Hlasny T.* Probabilistic approaches to ecological modeling // *Ecology (Bratislava)*. 2006. Vol. 25. Supplement 1/2006. P. 66–75.
54. *Hoechstetter S., Walz U., Dang L.H., and Thinh N.X.* Effects of topography and surface roughness in analyses of landscape structure – A proposal to modify the existing set of landscape metrics // *Landscape Online*. 2008. Vol. 3. P. 1–14.
55. *Kennedy R.S.H., Spies T.A. and Gregory M.J.* Relationships of dead wood patterns with biophysical characteristics and ownership according to scale in Coastal Oregon, USA // *Landscape Ecology*. 2008. Vol. 23. P. 55–68.
56. *Kozová M., Hrnčiarová T., Drdoš J., Finka M., Hreško J., Izakovičová Z., O'ahel' J., Ružicka M., Žigrai F.* (Eds.) *Landscape Ecology in Slovakia. Development, Current State, and Perspectives*. IALE-SK, Bratislava, 2007. 541 p.
57. *Krönert R., Steinhardt U., Volk M.* (Eds.) *Landscape balance and landscape assessment*. Springer Verlag, 2001. 304 p.
58. *Lischke H., Löffler T.J., Thornton P.E. and Zimmermann N.E.* Model up-scaling in landscape research // Kienast F., Wildi O., Ghosh S. (Eds.) A changing world. Challenges for landscape research. Springer, 2009. P. 249–273.
59. *McGarigal K. and Marks B.J.* Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U. S. Forest Service General Technical Report PNW: 351. Portland, OR, USA. 1995.
60. *McGarigal K., Tagil S. and Cushman S.A.* Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure // *Landscape Ecology*. 2009. Vol. 24. P. 433–450.
61. *Milne B.T.* Lessons from applying fractal models to landscape patterns // *Quantitative Methods in Landscape Ecology* (Turner M. G., Gardner R.H. (Eds.) New York: Springer-Verlag, 1991. P. 199–239.
62. *Moore S.A., Wallington T.J., Hobbs R.J., Ehrlich P.R., Holling C.S., Levin S., Lindenmayer D., Pahl-Wostl C., Possingham H., Turner M.G., and Westoby M.* Diversity in Current Ecological Thinking: Implications for Environmental Management // *Environmental Management*. 2009. Vol. 43. P. 17–27.
63. *Naveh Z.* What is holistic landscape ecology // *Landscape and Urban Planning*. 2000. Vol. 50. P. 7–26.
64. *Ostendorf B. and Reynolds J.F.* A model of arctic tundra vegetation derived from topographic gradients // *Landscape Ecology*. 1998. Vol. 13. P. 187–201.
65. *Papadimitriou F.* Geo-mathematical modelling of spatial-ecological complex systems: an evaluation // *Geography, Environment, Sustainability*. 2010. Vol. 3. No. 1. P. 67–80.
66. *Ružicka M. and Mišovičová R.* Krajina ekologia. Edicia Biosfera. C. Seria učebných textov, Vol. 2. Nitra, 2006. 131 p.
67. *Shugart H.H.* Equilibrium versus non-equilibrium landscapes // Wiens J.A., Moss M.R. (Eds.). *Issues in Landscape Ecology*. Snowmass Village. Colorado, USA. 1999. P. 18–21.
68. *Tischendorf L.* Can landscape indices predict ecological processes consistently? // *Landscape Ecology*. 2001. Vol. 16. No. 3. P. 235–254.
69. *Turner M.G.* Spatial and temporal analysis of landscape patterns // *Landscape Ecology*. 1990. Vol. 4. P. 21–30.
70. *Turner M., Gardner R.H. and O'Neill R.V.* *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer Verlag, 2001. 352 p.
71. *Warman L. and Moles A.T.* Alternative stable states in Australia's Wet Tropics: a theoretical framework for the field data and a field-case for the theory // *Landscape Ecology*. 2009. Vol. 24. P. 1–13.
72. *Wu J. and David J.L.* A spatially explicit hierarchical approach to modelling complex ecological systems: theory and applications // *Ecological modelling*. 2002. Vol. 153. P. 7–26.
73. *Wu J. and Hobbs R.* Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis // *Landscape Ecology*. 2002. Vol. 17. No. 4. P. 355–365.
74. *Zonneveld I.S.* *Land ecology*. Amsterdam: SPB Acad. Publ., 1995. 199 p.

Modern Trends in Structural Landscape Study

A.V. Khoroshev

*Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia
e-mail: akhorosh@orc.ru*

An overview of the most relevant problems solved under study of the landscape structure within the Russian and English landscape studies is presents. At present, the idea of polystructure of landscape is prevailed. The extension of the range of methods allows recognizing different types of landscape structure and identifying the genesis and backbone of the flows of matter and energy through their features. The interest of methodological studies is shifting towards ways showing the continual features of the landscape, including the use of probabilistic mapping. A variety of approaches to the description of the polystructure contributes to the improvement of adaptation of economic activity to landscape structure taking into account the multifunctionality of the landscape. The development of planning solutions taking into account the preservation of emergent properties arising from the cumulative effects of the elements of the spatial structure of geosystem is relevant. The most pressing problems are highlighted: mechanisms and conditions for the interaction or overlap of different types structures; a quantitative assessment of the degree of discreteness/continuity of borders of geosystems; the criteria of emergent properties of geosystems; accounting the multiplicity of steady states of the landscape when making planning decisions.

Keywords: landscape study, landscape, structure, polystructure, borders, emergent properties, landscape planning.

doi:10.15356/0373-2444-2016-3-7-15