

## МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 911.52(470.11)

А.В. Хорошев

ГЕОСТАЦИОНАРНЫЕ И ГЕОЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ  
СТРУКТУРЫ В СРЕДНЕТАЕЖНОМ ЛАНДШАФТЕ<sup>1</sup>

**Постановка проблемы.** В ландшафтоведении и ландшафтной экологии одной из важнейших задач считается выделение природных систем, обладающих целостностью [20]. Вопрос, что считать целостными (или холистическими) системами, обострился в связи с появлением представления о нечетких стохастических, опосредованных временем связях между компонентами ландшафта, осознанием существования двух исследовательских подходов — дискретного и непрерывного [5]. В отечественном ландшафтоведении с 40-х гг. XX в. сложилась традиция картографирования, которая исходит из того, что почвы и растительность отражают свойства литогенной основы, границы внутриландшафтных единиц однозначно заданы литогенными границами, на каждом иерархическом уровне существует свой главный фактор дифференциации [2]. Однако в ходе эволюции в силу разного характерного времени компонентов на территории могут образоваться “парадоксальные” сочетания свойств ландшафтов, относящихся к разным классификационным подразделениям. Тогда исследователь вынужден принимать волевое решение, какие факторы и признаки считать ведущими.

Д.Л. Арманд [1] считал, что, проводя границы ландшафтов, мы совершаем два волевых акта: выбираем классификационный признак и порог его неразличимости, чем вносим в районирование субъективность. Предлагалось вообще отказаться от поиска единственно оптимального способа выделения геосистем [1] и опираться на понятия “парциальный геоконплекс” [16], “парциальная структура” [9], т.е. “конструировать” геосистему в зависимости от целей и масштаба исследования, выбрав за основу какой-либо компонент и его отношения с другими компонентами [22]. Возникла концепция полиструктурности ландшафта [5, 6, 9, 11]. В зависимости от конкретных условий системного взаимодействия могут измениться как ассортимент участвующих парциальных структур, так и их относительное значение; структура геоконплексов не должна быть представлена в чрезмерно жесткой, абсолютизированной форме; априорное преувеличение значения отдельных видов геоконплексов, их элементов или таксономических ступеней часто приводит к искаженным результатам [9].

Вопрос об оценке ошибок при проведении границ на карте не теряет актуальности [15].

Ощущается необходимость в концепции, позволяющей минимизировать субъективность при разграничении ландшафтных систем по выбранному классификационному признаку и оценить степень равновесности в отношениях между компонентами ландшафта для выбранного иерархического уровня. Внести определенность в вопрос о равновесных сочетаниях ландшафтных компонентов позволяет понятие “относительное пространство” [17]. Свойства относительного пространства определяются потоками вещества и энергии; пространство измеряется не евклидовыми метриками, а структурными и функциональными отношениями между объектами, в то время как под абсолютным понимается пространство с жестко заданной неизменной структурой, описываемое евклидовой геометрией [18].

Если принять за постулат, что межкомпонентные отношения в ландшафте строго детерминированы литогенной основой (ЛО), и известно, каким именно свойством литогенной основы обусловлено обособление природного территориального комплекса (ПТК) данного иерархического уровня, то необходимо провести классификацию ПТК по этому свойству ЛО и поставить в соответствие ему свойства мобильных компонентов (МК). В качестве мобильных компонентов в статье рассматриваются растительность и почвы. Например, исследователь считает, что обособление урочищ связано с мезоформами рельефа. Тогда в идеальном случае в пределах мезоформ одного класса сформируются растительность и почвы, не встречающиеся в других классах. При наличии некоторых общих свойств внутренние вариации растительности и почв в пределах данной мезоформы можно объяснить варьированием механического (или химического) состава отложений, которые будут играть роль фактора дифференциации ПТК более низкого иерархического уровня.

В реальности такие строго детерминированные отношения с непересекающимися между разными классами ЛО свойствами МК — лишь частный случай. Возможны еще несколько вариантов. Рассмотрим их на примере связей растительности с рельефом. Во-первых, существуют виды растений с широ-

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант 01—05—64822). В полевых исследованиях принимали участие К.А. Мерекалова, Ю.Н. Бондарь, Ю.Н. Бочкарев, А.П. Столповский, И.П. Котлов.

кой экологической амплитудой, которые встречаются на разнотипных мезоформах. Во-вторых, существуют экотоны, где соседствуют виды, свойственные обоим граничащим классам. В-третьих, возможно смещение границы, когда виды из одного класса постепенно проникают в пределы другого класса ЛО, например, при заболачивании плоских междуречий, примыкающих к болотным междуречным котловинам. В-четвертых, в пределах одного класса могут возникать, например при восстановительных сукцессиях, кратковременные сообщества, несущие свойства другого класса. В-пятых, в силу разных характерных времен почвы могут быть унаследованы от совсем другой растительности, в настоящее время присущей совершенно иным мезоформам рельефа. В-шестых, возможен процесс саморазвития, когда эволюция в зависимости от случайных событий может пойти по разным траекториям в разных частях данной мезоформы; в результате возникает несколько устойчивых равновесностных вариантов ПТК. Возможны и другие варианты, когда нельзя однозначно поставить мобильные компоненты в соответствие классам ЛО. На деле чаще всего исследователь абстрагируется от подобных “недостаточно детерминированных” свойств МК и субъективно выбирает небольшое количество “информативных”, “индикационных” признаков.

В статье предлагается способ строгой количественной оценки меры “уверенности” исследователя в принадлежности ПТК к тому или иному классу ЛО на основании статистически достоверных отношений между мобильными и инертными компонентами ландшафта. Основной количественный показатель — условная вероятность принадлежности ПТК к тому или иному классу литогенной основы, рассчитанная по совокупности свойств мобильных компонентов в рамках дискриминантного анализа. Принципиально, что в расчет берутся не субъективно выбранные свойства мобильных компонентов (как правило, доминантные виды растительности, виды-индикаторы и т.п.), а именно совокупность равноправных признаков, за каждым из которых признается информативность. Вероятностный подход к выделению границ на основании совокупности равнозначных признаков предлагала ранее Т.П. Куприянова [7]: выбор иного уровня значимости даст иной результат. Другое средство избежать субъективности в классификации объектов с неопределенными границами, которое стало широко применяться в картографировании природных объектов, — показатель функции принадлежности, полученный с применением теории нечетких множеств [14, 19, 23]. Набор значений вероятностей, с которыми мобильные компоненты соответствуют каждому из классов ЛО, используется для расчета неопределенности межкомпонентных отношений или неопределенности классификационной принадлежности (НКП). Последний термин подразумевает, что основной фактор дифференциации ПТК на классы — свойства литогенной основы, которые, тем не менее, допускают некоторую свободу и

многовариантность развития мобильных компонентов.

Знание условных вероятностей позволяет разделить исследуемые ПТК на несколько групп, различающихся по степени литогенной детерминированности свойств мобильных компонентов.

Первая группа включает ПТК, в которых комбинация свойств мобильных компонентов с высокой вероятностью (приближающейся к 1) специфична для того класса, к которому он формально отнесен по свойствам литогенной основы, но маловероятна для других классов. В идеальном случае вероятность равна 1, например, когда все без исключения виды фитоценоза не встречаются при других классах ЛО. Эта группа наиболее полно соответствует классическому представлению о ПТК в силу однозначной связи между мобильными и инертными компонентами, т.е. об абсолютно детерминированных отношениях. Подразумевается, что под действием ограниченной на возможные траектории развития вертикальной структуры, которые накладывает ЛО, произошла дивергенция свойств мобильных компонентов. Такие ПТК имеют наибольшее право называться равновесными, целостными. В зависимости от принципа, положенного в основу классификации ЛО, их можно отождествлять с категориями геостационарных, геоциркуляционных или биоциркуляционных структур. Эти термины введены В.Н. Солнцевым.

Согласно его концепции [10, 11], в геопространстве одновременно существуют три типа относительно независимых парциальных структур: геостационарные, геоциркуляционные и биоциркуляционные. Геостационарные структуры создаются устойчивыми радиальными связями в ландшафте, которые в локальном масштабе определяют прежде всего свойствами отложений (например, лишайниковые боры на песках). Геоциркуляционные структуры обособляются в зависимости от напряженности и направленности латеральных потоков, поэтому на их формирование в первую очередь влияют показатели расчлененности рельефа. Биоциркуляционные структуры (не рассматриваются в статье) также косвенно — через поля солнечной радиации и влаги — зависят от литогенной основы, т.е. от рельефа, перераспределяющего потоки солнечной энергии.

Вторая группа включает ПТК, которые с высокой вероятностью отнесены к “ошибочному” классу. Иначе говоря, растительность и/или почвы имеют гораздо больше сходства с типичными показателями другого класса, а не того, к которому ПТК формально отнесен на основании свойств ЛО. Примером может служить редкое висячее склоновое болото, в то время как абсолютное большинство болотных комплексов встречается на плоских слабосчлененных междуречьях. Интерпретация причин “ошибочной” классификации — интересная задача, решение которой может опираться на разницу характерного времени компонентов, разнообразие стадий развития ландшафта, антропогенные процессы, а также на эффект масштаба исследования.

Третья группа объединяет ПТК, в которых с близкими значениями вероятностей свойства МК могут соответствовать нескольким классам ЛО. Неопределенность отношений между инертными и мобильными компонентами возрастает. Это возможно, например, когда в равных пропорциях в растительном покрове присутствуют виды, характерные для разных литогенных условий, но в экотонных позициях встречающиеся совместно. Другой вариант возникает, когда некоторый набор видов в равной мере присущ нескольким классам литогенной основы (т.е. оказывается индифферентным к смене литогенных условий) или даже формирует свою среду, маскируя литогенные различия (примеры см. ниже).

Неопределенность межкомпонентных отношений, равно как и высокую условную вероятность принадлежности к "ошибочному" классу ЛО, можно объяснить эффектом несоответствия выбранного для расчетов масштаба исследуемым отношениям. Высокая неопределенность в экотонной позиции может обернуться (хотя и не обязательно) низкой неопределенностью, если увеличить дробность классификации ЛО. Тогда могут выделиться специфические для вновь появившихся классов сочетания видов. Эта проблема может служить предметом отдельного исследования.

Цель данного исследования — на основе идеи полиструктурности ландшафта разработать процедуру выявления целостных ландшафтных структур с равновесными отношениями компонентов. Полевые работы проводились на юге Устьянского района Архангельской области (центр полигона — 60°53' с.ш., 43°20' в.д.). Ландшафт характеризуется как структурная эрозионно-моренная равнина с неглубоким залеганием пермских мергелей с сочетанием мелколиственно-еловых песков на подзолистых и дерново-карбонатных почвах и болот. Он подробно описан в ряде работ соавторов МГУ [3, 4, 12, 13]. Территория обеспечена ГИС в масштабе 1:50 000 и 628-ю комплексными ландшафтными описаниями, сделанными в летний период, в основном в июне—июле.

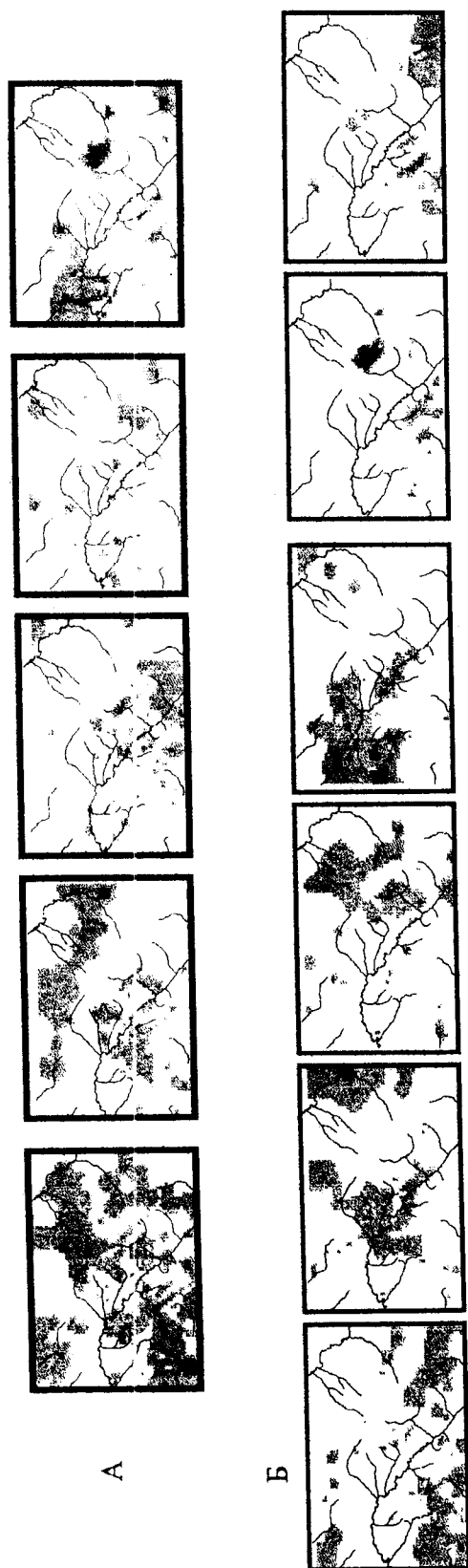
**Методы исследования.** На первом этапе выявления целостных ландшафтных структур получены два варианта классификации литогенной основы. Классификация рельефа осуществлена по совокупности стандартизированных характеристик интенсивности латеральных потоков и положена в основу выделения геоциркуляционных структур. Применен кластерный анализ, метод *k*-средних. Используются показатели, рассчитанные на основе цифровой модели рельефа в ГИС: вертикальная расчлененность (дисперсия абсолютных высот), горизонтальная расчлененность (суммарная длина водотоков), разнообразие (энтропия) экспозиций (все — в радиусе 500 м от точки описания), расстояние до ближайшего водотока, уклон элемента мезорельефа. Для выявления геостационарных структур литогенную основу классифицировали по совокупности характеристик механического состава отложений через 5 см до глубины 150 см.

Классы состояний ЛО использованы для выявления отклика растительности и почв. Методом дискриминантного анализа получен ответ на вопрос: насколько достоверно классы ЛО различаются по свойствам почв и растительности (доля корректно классифицированных ПТК). В качестве группирующей переменной использованы классы ЛО (в двух вышеупомянутых вариантах); в качестве зависимых переменных — характеристики почв и растительности, выраженные через значения виртуальных факторов их дифференциации. Последние рассчитаны через метод многомерного шкалирования с использованием непараметрических корреляций, что объясняется необходимостью перевести большую совокупность полученных характеристик почв и растительности, не подчиняющихся нормальному распределению, в небольшое число новых виртуальных переменных, или факторов [8]. Факторы растительности получены из данных по обилию видов отдельно для древесно-кустарникового, кустарничково-мохового и травяного ярусов, факторы почвы — по мощности генетических горизонтов и их цветовым характеристикам (по шкалам Манселла). В рамках дискриминантного анализа помимо доли корректно классифицированных наблюдений получены вероятности попадания каждого наблюдения в каждый из заданных классов.

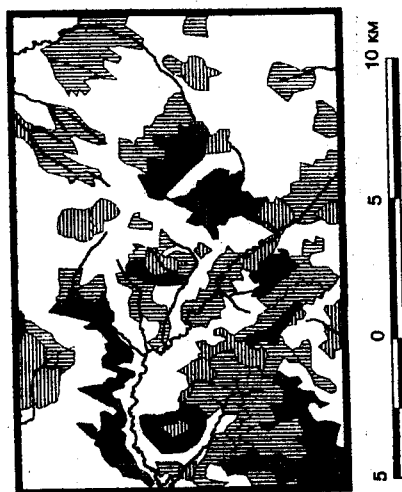
Вероятности принадлежности ПТК к каждому из классов нанесены на карту. Целостные геостационарные структуры выделены на территориях, на которых помимо формальной принадлежности к данному классу отложений, вероятность соответствия почв и растительности этому классу существенно выше, чем всем остальным классам. Аналогично выделены геоциркуляционные структуры, но в этом случае классы литогенной основы выделялись по степени дренированности. Интерполируя значения между точками описания, мы получаем континуальное представление о разнотипных ландшафтных структурах, визуализируем полиструктурность ландшафта. Территории с высокой неопределенностью межкомпонентных отношений не могут считаться целостными ландшафтными структурами в данном масштабе.

**Результаты исследований.** На полигоне коренные пермские мергели повсеместно перекрыты толщей московских моренных тяжелосуглинистых карбонатных отложений. Их верхняя часть переработана озерно-ледниковыми процессами, в результате чего сформировался песчано-супесчаный плащ средней мощностью 30—40 см [4]. Вариабельность отложений в основном связана с разной глубиной залегания коренных мергелей и мощностью песчано-супесчаного плаща. Для дальнейшего анализа выбрано разбиение на 5 классов отложений и 6 классов рельефа (дренированности).

При картировании вероятностей соответствия свойств МК классам ЛО в большинстве случаев выделяются компактные ареалы крупных структур с линейными размерами до 4 км, примерно соответству-



Ареалы геостационарных и геодиркуляционных структур: А — условные вероятности соответствия свойств мобильных компонентов ландшафта пяти классам отложений (пояснения см. в тексте); Б — условные вероятности соответствия свойств мобильных компонентов ландшафта 6 классам рельефа (пояснения см. в тексте); значения вероятности: 1 — 0,0—0,3; 2 — 0,3—0,6; 3 — 0,6—1,0; В — геоструктуры: 4 — территории с несформировавшимися геоструктурами (с высокой неопределенностью межкомпонентных отношений); 5 — геостационарные структуры (5 классов); 6 — геодиркуляционные структуры (6 классов); 7 — пересечение геодиркуляционных и геостационарных структур



В

юшими промежуточному уровню между группами урочищ и местностями (рисунок, А, Б). Рисунок распределения вероятностей с крупными пятнами, который детерминирован отложениями (рисунок, А), слабо согласуется с мезорельефом и распределением вероятностей существования структур, детерминированных рельефом. Есть сходство с неотектоническими микроблоками, выделенными ранее по площадным соотношениям междуречий и эрозионных форм [13]. Рисунок распределения вероятностей, детерминированный степенью дренированности (рисунок, Б), более дробный и также далеко не везде согласуется с мезорельефом. Нередки случаи, когда свойства МК междуречий обнаруживают больше сходства с долинами и наоборот.

Установлены следующие равновесные геостационарные структуры (рисунок, А, В), соответствующие классам отложений. 1. Двучленные отложения с супесчаным плащом мощностью 40—45 см, резко переходящим в моренные суглинки, с елово-сосновыми долгомошно-зеленомошными черничными лесами на агродерново-глубокоподзолистых почвах. 2. Двучленные отложения с супесчаным плащом мощностью 30—40 см, залеганным на контакте с моренным суглинком, с березово-елово-сосновыми кисличными лесами на агродерново-подзолистых почвах. 3. Двучленные отложения с супесчаным плащом мощностью 20—30 см, резко переходящим в моренные суглинки, с сосново-еловыми кислично-черничными лесами на торфянисто-подзолистых почвах. 4. Пески, подстилаемые суглинками на глубине 60—70 см, с сосняками зеленомошными чернично-брусничными на глубокоподзолистых почвах. 5. Суглинки с сосново-кустарничково-сфагновыми болотами на торфяных почвах.

Геодиркуляционные структуры (рисунок, Б, В) имеют следующие характеристики. 1. Узкие,

умеренно дренированные плоские и наклонные междуречья с елово-сосновыми долгомошными чернично-брусничными и лесами на агродерново-глубокоподзолистых почвах. 2. Водосборные понижения, ложбины, придолинные склоны с елово-осиновыми долгомошными майниково-кисличными и снытево-кисличными лесами на глубокоподзолистых почвах. 3. Пологие, хорошо дренированные склоны глубоковрезанных долин с березово-еловыми зеленомошными снытево-кисличными лесами на агродерново-подзолистых почвах. 4. Густорасчлененные, хорошо дренированные склоны глубоковрезанных долин с сероольшаниками снытево-кисличными и ежово-тимофеевково-овсяницевыми лугами на дерновых и дерново-карбонатных почвах. 5. Внутренние плоские недренированные части междуречий с сосново-кустарничково-сфагновыми болотами на торфяно-глееземах. 6. Пологие, слабодренированные приводораздельные склоны и междуречные пологосклонные холмы с березово-сосновыми бруснично-черничными долгомошно-сфагновыми лесами на торфянисто-подзолистых почвах с вложенными альфегумусовыми подзолами.

Доля корректно классифицированных точек наблюдения по отношению к классам дренированности равна 50%, а по отношению к классам отложений — 48%. Это означает, что доля ПТК, для которых МК равновесны по отношению к условиям латеральной и радиальной миграции, приближается к половине. При исследовании межкомпонентных отношений в лесах на месте пашен в Северной Америке зависимость растительности от свойств ЛО была оценена гораздо ниже: не более 13% варибельности объяснялось свойствами рельефа и отложений [21]. Наш результат получен при исследовании отношений для иерархического уровня ранга ландшафта. Ранее похожие оценки литогенной детерминированности были получены для локального урочищного иерархического уровня, однако важно, что на локальном уровне свойства мобильных компонентов лучше дискриминируются классами отложений, нежели рельефа [12]. Таким образом, на рассматриваемой территории целостные геоциркуляционные и геостационарные структуры сформировались примерно в половине описанных ПТК.

Геоциркуляционные структуры распространены на большей площади, чем геостационарные, в соотношении 10:6 (рисунок, В). Это подтверждает гипотезу, что на значительных территориях (но далеко не повсеместно!) рельеф — ведущий фактор дифференциации. Латеральные потоки способствуют обособлению ландшафтных структур в большей степени, чем радиальные. Целостные структуры чаще формируются на наклонных поверхностях, нежели на плоских междуречьях, где наблюдается большая многовариантность соотношений между инертными и мобильными компонентами.

Около 36% площади геостационарных структур не пересекается с геоциркуляционными, т.е. харак-

тер радиальных потоков — определяющий фактор формирования растительности и почв. В то же время 62% площади геоциркуляционных структур не являются одновременно геостационарными структурами, т.е. детерминирующее воздействие латеральных потоков сильнее, чем радиальных. Особенно важное значение имеют закономерности расположения территорий, где целостные геостационарные и геоциркуляционные структуры пересекаются (рисунок, В, ареал 7). Подобные целостные совмещенные структуры, наиболее четко соответствующие представлению о детерминирующей роли литогенной основы по отношению к почвам и растительности, формируются в наиболее густорасчлененных и хорошо дренированных местностях. Самые крупные массивы целостных совмещенных структур соответствуют урочищам, наиболее сильно отклоняющимся от зональных среднетаежных условий, т.е. крутым распаханым склонам с обнажениями мергелей, а также междуречным заболоченным котловинам, которые выполнены суглинками.

Совмещенные структуры возникают на глубоких двучленах с мощностью супесчаного плаща более 60 см. При этом хорошо выражена дренированность в радиальном направлении в сочетании с сильной оподзоленностью почв, в то же время проявляется дренированность в латеральном направлении пологих склонов и водосборов. Это оптимальная экологическая ниша для сосняков бруснично-зеленомошных на подзолистых почвах. Противоположный пример — слабо-расчлененная местность в верховьях р. Заячьей. Она отличается отсутствием целостных литогенно детерминированных ландшафтных структур. Здесь контрасты рельефа наименьшие, к тому же они замаскированы относительно однородным четвертичным покровом. Условно коренные еловые леса малочувствительны к литогенным различиям данного иерархического уровня. Эти ПТК, видимо, в наибольшей степени подвержены процессам саморазвития, которые слабо зависят от литогенной основы.

**Заключение.** Построение серии вероятностных карт принадлежности к классам литогенной основы позволяет решать несколько задач при анализе пространственной структуры ландшафта и ее развития. Во-первых, выявляются контуры реально существующих геостационарных и геоциркуляционных структур, в пределах которых соотношения свойств почв и растительности строго детерминированы особенностями отложений и рельефа соответственно. Во-вторых, можно установить, какой из литогенных факторов выступает как ведущий при формировании структуры ПТК. В-третьих, становится возможным визуализировать родственные отношения между пространственно удаленными ПТК на основе не просто сходства набора доминантных признаков (зачастую субъективно заданных), но и единства межкомпонентных отношений, сходства структуры. В-четвертых, выявляются ареалы неравновесных межкомпонентных отношений, где наиболее вероятны конвер-

генция и дивергенция ПТК. Таким образом, при картировании геостационарных и гециркуляционных структур в заданном масштабе возможно для каждого участка определить причину и глубину детерминированности межкомпонентных отношений. Это значит, что приходится либо отдать приоритет

мозаичной или векторной форме упорядоченности пространства, либо — при наложении двух типов структур — констатировать наиболее жесткую форму детерминированности отношений, либо прийти к выводу о неравновесности отношений в ландшафте.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М., 1975.
2. Видина А.А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиям. М., 1962.
3. Горбунова И.А., Гаврилова И.П. Особенности текстурно-подзолистых иллювиально-железистых почв Архангельской учебно-научной станции МГУ // Геохимия ландшафтов и география почв. Смоленск, 2002.
4. Емельянова Л.Г., Хорошев А.В., Гаврилова И.П. и др. Устьянская учебно-научная станция географического факультета МГУ // Учебно-научные географические станции вузов России / Псд ред. Г.И. Рычагова, С.И. Антонова. М., 2001.
5. Исаенко Г.А. Дискретность и континуальность в теории ландшафтоведения // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов: Тез. X ландшафтной конференции. М.; СПб., 1997.
6. Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. Пущино, 1998.
7. Куприянова Т.П. Физико-географическое районирование по принципам однородности территорий // Вопр. географии. Вып. 98. 1975.
8. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М., 2004.
9. Рамин К.Г. Пространственная полиструктурность топологических геоконструксов и опыт ее выявления в условиях Латвийской ССР. Рига, 1972.
10. Солцев В.Н. Структурная организация ландшафтов. М., 1981.
11. Солцев В.Н. Структурное ландшафтоведение: основы концепции // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов: Тез. X ландшафтной конференции. М.; СПб., 1997.
12. Хорошев А.В. Межкомпонентные отношения в среднетаежном ландшафте // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2002. № 1.
13. Хорошев А.В. Пространственная структура ландшафта как функция блокового строения территории // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 1.
14. Burrough P.A., Wilson J.P., van Gaans P.F.M., 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. N 6.
15. Fortin M.J., Olson R.J., Ferson S. et al. Issues related to the detection of boundaries // Ibid. 2000. Vol. 15. N 5.
16. Haase G. Landschaftsokologische Detailuntersuchung und naturraumliche Gliederung // Pet. Geogr. Mitt. 1964.
17. Marceau D.J. The scale issue in social and natural sciences // Can. J. of Remote Sensing. 1999. Vol. 25. N 4.
18. Meentemeyer V. Geographical perspectives of space, time, scale // Landscape Ecology. 1989. Vol. 3. N 3/4.
19. Molenaar M., Cheng T. Fuzzy spatial objects and their dynamics // Intern. archives of photogrammetry and remote sensing. Vol. XXXII. P. 4. ISPRS Commission IV — GIS Between Visions and Applications. N.Y., 2002.
20. Naveh Z. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction // Landscape and Urban Planning. 2000. Vol. 50. N 1.
21. Pan D., Domon G., Marceau D., Bouchard A. Spatial pattern of coniferous and deciduous forests in an Eastern North America agricultural landscape: the influence of land use and physical attributes // Landscape Ecology. 2001. Vol. 16. N 2.
22. Solon J. Integrating ecological and geographical (biophysical) principles in studies of landscape systems // Issues in Landscape Ecology. 5 IALE-World Congress / Eds. J.A. Wiens, M.R. Moss. Snowmass, 1999.
23. Zhu A.X., Hudson B., Burt J. et al. Soil mapping using GIS expert knowledge and fuzzy logic // Soil Sci. Soc. of Amer. J. 2001. Vol. 65. N 5.

Кафедра физической географии и ландшафтоведения

Поступила в редакцию  
04.10.2004

A.V. Khoroshev

#### GEOSTATIONARY AND GEO-CIRCULATORY STRUCTURES IN A MIDDLE TAIGA LANDSCAPE

Possible application of probabilistic approach for revealing integral landscape structures, both geostationary and geo-circulatory, is suggested which is based on the concept of multi-structural nature of landscapes. Relief and sediments of a middle taiga landscape in the Arkhangelsk oblast were classified, and probability of correspondence of soil and vegetation parameters to each class and the uncertainty of belonging to individual classes were calculated. Probabilistic maps of integral geo-circulatory and geo-stationary structures were compiled. It has been found that integral geo-circulatory structures occupy larger areas than geo-stationary ones. Lateral flows are more active in the isolation of landscape structures than radial ones. Integral structures are more common for sloping surfaces, while within flat interfluvial relations between inert and mobile components are more multivariate. Areas with intersecting geo-stationary and geo-circulatory structures form within urotshistshes with the most pronounced deviation from the natural features of the middle taiga sub-zone.