

- [10] Из переписки Л. С. Берга с Д. Н. Анучиным // Памяти академика Л. С. Берга. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 138—152.
- [11] Исаченко А. Г. Отечественная география XX столетия: смена поколений и роль Петербургской географической школы // Изв. РГО. 2000. Т. 132. Вып. 6. С. 1—13.
- [12] Исаченко А. Г. Страницы из истории советской географии 30—50-х гг. XX в. // Изв. РГО. 2001. Т. 133. Вып. 1. С. 23—34.
- [13] Исаченко А. Г. История географической науки как эстафета поколений ученых. Статья I // Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 1. С. 3—16.
- [14] Краснопольский А. В. Отечественные географы (1917—1992). СПб., т. 1. 1993. 492 с.; т. 2. 1993. 449 с.; т. 3. 1995. 541 с.
- [15] Марков К. К. Тридцать лет со времени организации высшего географического учебного заведения в нашей стране (1916—1946) // Вопросы географии. Сб. 3. 1947. С. 203—209.
- [16] Письма к Л. С. Бергу // Вопросы географии. Сб. 24. 1951. С. 72—97.
- [17] Преображенский В. С., Александрова Т. Д. Материалы к истории отечественной географии XX века. М., 1994. 92 с.
- [18] Рихтер Г. Д. Первое специальное географическое высшее учебное заведение // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1968. № 6. С. 123—134.
- [19] Саушкин Ю. Г. История и методология географической науки. М.: Изд-во МГУ, 1976. 422 с.
- [20] Семенов-Тянь-Шанский В. П. То, что прошло. М.: Новый хронограф, 2009. Т. 1. 776 с.; т. 2, 664 с.

Санкт-Петербург
greg.isachenko@gmail.com

Поступило в редакцию
6 сентября 2011

Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 2

© А. В. ХОРОШЕВ

О СПОСОБЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАРЦИАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МЕЖКОМПОНЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ В ЛАНДШАФТЕ

Современные концепции структуры ландшафта. К настоящему времени в ландшафтоведении и ландшафтной экологии разработан ряд взаимодополняющих концепций структуры ландшафта, на основе которых может выстраиваться исследование межкомпонентных связей в ландшафте. В зависимости от целей и задач исследования может быть отдано предпочтение той или иной концепции, но, вероятно, более конструктивные результаты могут быть получены при их интеграции.

1. Концепция ведущего фактора. Ярким примером является «ряд Солнцева», выстраивающий компоненты ландшафта по относительной самостоятельности и силе воздействия на другие компоненты. Наиболее сильный компонент — морфолитогенная основа. Мобильные компоненты отражают свойства морфолитогенной основы. Границы внутриландшафтных единиц однозначно заданы морфолитогенными границами. На каждом иерархическом уровне существует свой главный фактор дифференциации. Если существует морфолитогенная граница, то свойства компонентов и межкомпонентные отношения обязательно различны по разные стороны от этой границы [2].

2. Концепция полиструктурности (К. Г. Раман, В. Н. Солнцев, Э. Г. Коломыц). Ландшафт одновременно разными свойствами участвует в многоуровневой и многомасштабной системе отношений и представляет собой по выражению В. Н. Солнцева [6] «пучок шевелящихся во все стороны относительно самостоятельных структур». В. Н. Солнцев считает, что в едином пространстве сосуществуют геостационарные, геоциркуляционные, биоциркуляционные системы. При этом традиционные морфологические единицы ландшафта по способу обособления близки к геостационарным.

3. Концепция парциальных геокомплексов (Г. Хаазе, Е. Солон, В. Б. Сочава). «Конструировать» геосистему можно в зависимости от целей и масштаба исследования, опираясь на отношения группы свойств компонентов.

4. Концепция нуклеарных систем (А. Ю. Ретеюм). Ландшафт представляет собой наложение многочисленных ядер и ареалов влияния тех или иных сил. Одна из возможностей реализации этой концепции связана с вероятностным («байезианским», в англоязычной терминологии) подходом к выделению геосистем, при котором определяется не принадлежность участка территории к какому-либо классу, а численные значения вероятностей принадлежности к каждому из возможных на территории классов. На одном участке могут проявляться отдельные свойства разных классов, обособление которых объясняется сферой преобладающего действия какого-либо тела, потока. Подход конструктивен для различения в пространстве областей устойчивых равновесных сочетаний компонентов, значения которых строго детерминированы диапазоном значений некоторого ведущего фактора, и областей переходных, с неустойчивыми, иногда противоречивыми сочетаниями свойств компонентов ландшафта, что может объясняться «конкуренцией» нескольких ядер.

5. Концепция «вертикальной структуры» ландшафта, в англоязычном толковании этого термина, при котором под таковой понимается система отношений между смежными иерархическими рангами геосистем (О'Нил, Д. Ву). Вышестоящая геосистема определяет константы, нижестоящая — механизмы процессов. Важная проблема — корректное определение пространства, которое оказывает реальное влияние на геосистему, т. е. характерного размера вмещающей геосистемы.

6. Концепция связи между характерными пространственными и временными масштабами природных процессов и явлений. Взаимодействие возможно только при близких характерных масштабах; существуют устойчивые соотношения между размерами объектов, находящихся на смежных иерархических уровнях (Г. Шугарт, П. Делькорт, Ю. Г. Пузаченко).

Цель и задачи. Географ в природе всегда ищет участки, однородные по тому или иному признаку или их совокупности. Когда такой участок выделен, то возникает вопрос, считать ли существенным небольшое отличие следующего участка. Для ландшафтоведа важно, проявляется ли это изменение параллельно сразу в нескольких компонентах ландшафта. Если да, то ищется процесс, обусловивший изменение сразу нескольких компонентов. Если нет — то такое пространственное изменение может быть результатом саморазвития лишь одного компонента (например, ветровальной динамики лесного фитоценоза). Отсутствие сопряженности в варьировании свойств компонентов свидетельствует об отсутствии внутренней ландшафтной дифференциации, т. е. о том, что нет нижестоящего иерархического уровня. Если выявлено сопряженное изме-

нение компонентов, то оно может быть описано посредством уравнения связи (например, регрессионного) с оценкой достоверности. Наличие статистически достоверной связи показывает либо причинно-следственную связь между свойствами исследуемых компонентов ландшафта (например, влияние растительности на почвы, и наоборот), либо наличие процесса в третьем компоненте, который контролирует свойства их обоих (например, уровень грунтовых вод). Наличие связи показывает, что индивидуальные однородные ландшафтные единицы объединяются в парциальную геосистему более высокого уровня, внутри которой контрасты могут быть велики, но подчиняются единому градиенту, обусловленному процессом, характерным для некоторого более высокого иерархического уровня. Проблема состоит в том, что таких процессов, разными способами объединяющих индивидуальные ландшафтные единицы в геосистемы, может быть много, «работать» они могут на разных иерархических уровнях, а значение свойства компонента в конкретном месте является результатом наложения действия разномасштабных факторов. Проблема полимасштабности вообще сейчас ощущается как одна из ключевых в науке о ландшафте. Полимасштабности экологических, ландшафтных процессов в последние два десятилетия посвящена обширная литература, опирающаяся на положения общей теории систем, теории сложных адаптивных систем, теории иерархии [8—11, 13]. В теоретическом плане проблема иерархической организации ландшафта и полимасштабности подробно рассматривается в работах [3, 5, 12].

Поэтому возникает необходимость оценить степень подчиненности каждой исследованной ландшафтной единицы процессам, действующим в разных масштабах. Мы выясняем, проявляется ли в конкретном месте ландшафта процесс известного масштаба настолько сильно, что оказывает влияние на свойства нескольких компонентов и таким образом «встраивает» данную ландшафтную единицу в некоторую парциальную геосистему. Как известно, многие, хотя и не все, процессы в ландшафте определяются состоянием морфолитогенной основы. Разномасштабные структуры рельефа, с одной стороны, индицируют генезис формирующих их процессов: например, крупные долины и их междуречья обусловлены тектоническим фактором, а сеть мелких лощин — только эрозионным. С другой стороны, рельеф предопределяет процессы седиментации, движения грунтовых и поверхностных вод, перераспределения инсоляции в ландшафте и т. д. Поэтому сопоставляя градиенты свойств компонентов ландшафта с варьированием структур рельефа разного размера, мы можем получить представление о полиструктурной мозаике разномасштабных парциальных геосистем. Компактные парциальные геосистемы, подчиняющиеся единому градиенту, могут быть, как частный случай, интерпретированы как нуклеарные системы с ослабевающим влиянием фактора по мере удаления от ядра (например, понижение уровня грунтовых вод по мере роста дренированности рельефа с удалением от болота). Для этого надо установить ареалы проявления типов межкомпонентных связей, обусловленных варьированием тех или иных сочетаний форм рельефа.

Задача этой статьи — показать способ отражения полиструктурности и полимасштабности ландшафта, который комбинирует перечисленные взаимодополняющие и частично пересекающиеся подходы на примере ландшафтов глубокорасчлененных пластовых равнин со смешанными лесами в юго-западной Удмуртии.

Материалы и методы. Для исследованной территории характерно сочетание наследия пермской эпохи осадконакопления и плейстоценовых воднолед-

никовых процессов. Пермские карбонатные породы слагают крупные асимметричные увалы, выходят на поверхность в эрозионных формах и на крутых склонах увалов, а на плоских междуречьях перекрыты маломощным покровом лёссовидных суглинков. Наличие пермских пород и лёссовидных суглинков — основной фактор неморализации растительного покрова. Нижние части склонов увалов и днища долин имеют покров водноледниковых песков, что обуславливает проявление бореальных черт в растительном покрове. На двух участках территории в Кизнерском (бассейн р. Казанка) и Можгинском (бассейн р. Вала) районах составлено 171 комплексное ландшафтное описание во всех характерных видах урочищ. Для характеристики рельефа, помимо полевых описаний, использована цифровая модель рельефа (ЦМР) на основе топографической карты масштаба 1:200 000.

Значения обилия видов деревьев, кустарников, кустарничков, мхов и трав, измеренные в полевых условиях, для сокращения размерности и приведения данных к нормальному распределению преобразованы методом многомерного шкалирования в так называемые виртуальные факторы дифференциации. Значения каждого из факторов трактуются как положение соответствующей ландшафтной единицы на оси экологического градиента (влажности, трофности, освещенности, стадии сукцессии и т. п.). Построены мультирегрессионные уравнения 2-й степени

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2 + \dots b_m x_n x_k + \varepsilon,$$

где y — фактор дифференциации компонента, $x_1, x_2, \dots$ — морфометрические характеристики рельефа в окрестности описанной ландшафтной единицы (вертикальная и горизонтальная расчлененность, вертикальная и горизонтальная кривизна), измеренные по цифровой модели рельефа с разрешением 400 м в квадратах с размерами 1200, 2000, 2800, 3600 и 6000 м. По максимальной величине коэффициента детерминации из уравнений для разных окрестностей выявлены резонансные уровни межкомпонентных отношений. Основным из них оказался уровень геосистем со средними размерами 6000 м [7].

В основу процедуры выявления парциальных геосистем была положена следующая гипотеза. В пространстве одновременно проявляются ландшафтные процессы с разным характерным пространством. Многие процессы так или иначе контролируются рельефом. Если какая-либо характеристика компонента ландшафта достоверно связана с характеристиками рельефа в той или иной окрестности, т. е. меняется в пространстве сопряженно с ними, это означает, что свойства рельефа определяют или индицируют какой-либо процесс (например, внутрипочвенный сток) или свойство (например, унаследованное от ледниковой эпохи распределение почвообразующих отложений разного состава), к которому чувствительна исследуемая характеристика компонента ландшафта (например, видовой состав древостоя). Получив уравнение связи исследуемого свойства с характеристиками рельефа какой-либо окрестности, мы получаем возможность отделить ландшафтные фации, которые строго описываются этим уравнением, от фаций, не описываемых уравнением. Первые характеризуются малыми по модулю (близкими к 0) остатками уравнения (т. е. разностями между наблюдаемыми и предсказанными по уравнению значениями), вторые — большими по модулю остатками. Оговоримся, что определение «близости остатков к 0» — отдельный вопрос. В описываемом примере для простоты за таковые считались остатки в пределах одного среднеквадрати-

ческого отклонения от среднего. Фации с малыми остатками интерпретируются как принадлежащие единой парагенетической геосистеме, в которой выдерживается правило подчинения исследуемого свойства процессу или явлению, для выявления контрастов которого необходима классификация рельефа по свойствам заданной окрестности.

Результаты. Покажем на примере ландшафтов пластовых увалистых равнин со смешанными лесами в юго-западной Удмуртии способ локализации ареалов типов отношений между растительностью, почвами и рельефом. Классификация рельефа, проведенная по характеристикам кривизны (горизонтальной и вертикальной) и расчлененности (горизонтальной и вертикальной) в окрестностях разного размера, позволяет распознать структуры, сформированные процессами разного генезиса. Установлены следующие иерархические уровни организации рельефа.

1. Классификация по характеристикам в квадрате со стороной 1200 м отражает индивидуальные мезоформы рельефа и их отдельные части, примерно соответствующие рангам урочищ и подурочищ. Различаются части оврагов разной врезанности и ширины, участки придолинных склонов разной формы, прибрежные части междуречий, перегибы склонов, междуречные холмы и т. д. Классификация на этом уровне фактически позволяет распознавать реальные геохимические катены и дифференцировать участки с разным соотношением современного выноса и аккумуляции вещества, в том числе влаги. Дифференциация рельефа обусловлена в основном современными эрозионными и денудационными процессами.

2. Классификация по характеристикам в квадрате со стороной 2000 м не вполне четко выделяет индивидуальные эрозионные мезоформы рельефа, но хорошо отражает характерную для региона асимметрию рельефа [4], связанную с моноклинальным залеганием пластов коренных пермских пород. В частности, хорошо различаются классы крутых юго-западных и пологих северо-восточных склонов увалов, противолежащие склоны крупных асимметричных долин. Этот уровень, с одной стороны, отражает наследие геологических процессов, с другой — современные контрастные условия поступления солнечной радиации, испарения, миграции вещества. Контрастная крутизна склонов обусловила неравномерное распределение пахотных и лесных угодий: первые приурочены к более пологим склонам, чем вторые. Междуречья более дробно дифференцированы, чем в классификации для квадрата со стороной 1200 м. Хорошо различаются участки междуречий разной ширины и морфологии (плоские, холмистые, увалистые), что, скорее всего, характеризует наследие геологических процессов прошлого.

3. Классификация по характеристикам в квадрате со стороной 2800 м отражает уже не индивидуальные урочища, а их группы с сочетанием положительных и отрицательных, выпуклых и вогнутых форм, различные по дробности морфологической структуры. Последняя, скорее всего, ассоциируется с характером трещиноватости коренных пород, которая определяет густоту и конфигурацию эрозионной сети. В ландшафтно-геохимическом смысле классы рельефа будут различаться по интенсивности водной миграции, что может отражаться на скорости выщелачивания, интенсивности промывного режима почв, возможности временного переувлажнения почв.

4. Классификация по характеристикам в квадрате со стороной 3600 м отражает в целом увалистое строение территории с различением некоторых контрастов морфологии речных долин, склонов и поверхностей увалов.

5. Классификация по характеристикам в квадрате со стороной 6000 м хорошо отражает увалистое строение пластовой равнины с чередованием относительно узких междуречий и глубоковрезанных долин. Это может быть связано как с неотектонической блоковой дифференциацией территории, так и с валобразными деформациями осадочного чехла [1].

Сопоставив величины остатков от уравнений, составленных для окрестностей разного размера, можно выделить фации нескольких категорий.

1) Исследуемое свойство не связано с рельефом и индицируемым им процессом ни в одной окрестности. Численная характеристика свойства определяется процессами принципиально другой природы, возникшими вне связи с рельефом (точнее, с формами, описываемыми при данном разрешении ЦМР), в том числе в результате саморазвития фации. Такой результат получен для видового состава древесного яруса болотных фаций.

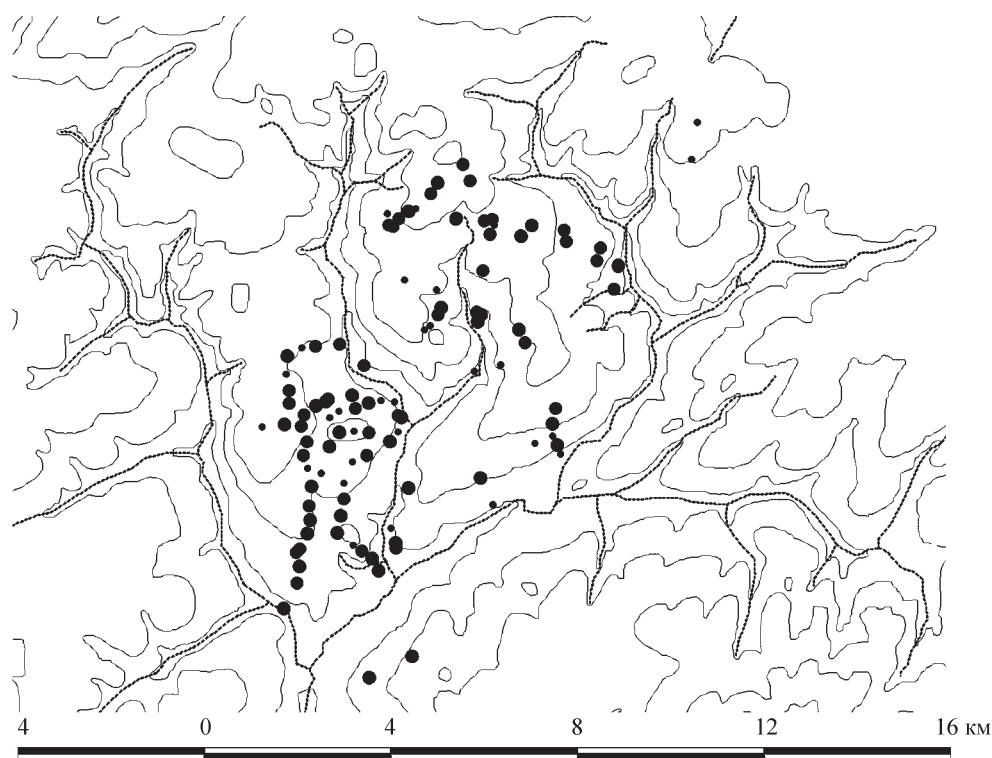
2) Исследуемое свойство подчиняется правилу, действительному только для одного масштаба. При этом велики остатки от уравнений, построенных для других окрестностей. Это интерпретируется как наличие какого-то одного ведущего процесса, связанного с контрастами рельефа, выявляемыми классификацией его характеристик данной окрестности. Такой результат получен, например, для видового состава древесного яруса на плоских водораздельных поверхностях, сложенных двучленными отложениями, который меняется в зависимости от рельефа в окрестности со стороной 6000 м, т. е. в зависимости от контрастов неотектонической природы (плоские междуречья, пологие склоны увалов, широкие речные долины). Фации одной мезоформы рельефа имеют разные свойства в зависимости от близости к другим мезоформам и их свойств.

3) Исследуемое свойство хорошо описывается уравнениями, полученными для окрестностей нескольких размеров. Такой результат получен, например, для соотношения хвойных и широколиственных пород для узких междуречий в Кизнерском районе и крутых юго-западных придолинных склонов куэстообразных увалов в Можгинском районе. Интерпретация физического смысла процессов, связанных с рельефом в разных окрестностях, определяется набором значимых независимых переменных (характеристик расчлененности и кривизны рельефа) в уравнении, где зависимой переменной является виртуальный фактор дифференциации древостоя. Если набор значимых переменных и знаки регрессионных коэффициентов сохраняются в уравнениях, построенных для разных окрестностей (т. е. для разных масштабов), то малая окрестность (например, со стороной 1200 м) характеризует лишь небольшую часть общего ареала проявления процесса (например, со стороной 6000 м), но при этом все характерные особенности этого процесса все равно проявляются. В этом случае узкий увал между двумя оврагами отличается по характеру древостоя от ровного нерасчлененного склона по тому же правилу, что и широкое междуречье от крупных речных долин, а именно: чем более расчлененный рельеф, тем меньше влаголюбивых пород. Это дает право говорить о самоподобии процесса естественного отбора видов деревьев (трав, кустарников и т. д.) в зависимости от влагообеспеченности (трофности, испарения и т. д.). Если же остатки от уравнений для любых окрестностей малы, но при этом набор значимых независимых переменных и знаки регрессионных коэффициентов в уравнениях разных окрестностей отличаются, то правомерно говорить о смене процесса (или фактора дифференциации) при переходе с одного иерархического уровня на другой. Так, в приведенном примере для Удмуртии состав древостоя в малой окрестности 1200 м определяется в основном вертикальной и горизонталь-

ной расчлененностью рельефа, описывающей контрасты геологического строения, а именно — близость к поверхности пермских пород или экранированность их четвертичными отложениями. В большой окрестности (6000 м) древостой контролируется горизонтальной и вертикальной кривизной, влияющей на интенсивность аккумуляции и рассеивания стока. Таким путем, сравнивая набор значимых независимых переменных и знаки коэффициентов, можно выявить и диапазон масштабов, в котором реализуется тот или иной процесс, оказывающий влияние на исследуемое свойство ландшафта.

4) Исследуемое свойство подчиняется процессу в каком-либо «узком» масштабе, индифферентно к «среднему» масштабу и подчиняется некоторому процессу в «широком» масштабе. Разрыв в «лестнице масштабов», которым подчиняется свойство, означает «выход из резонанса», т. е. существуют два более или менее равнозначных процесса, которые действуют в разных масштабах и одновременно контролируют пространственные различия исследуемого свойства. Такой результат получен для соотношения хвойных и широколиственных пород в Удмуртии для верховьев овражных урочищ. В масштабе, соответствующем окрестности со стороной 1200 м (свойства описанного в поле урочища и соседних с ним), состав древостоя определяется вертикальной расчлененностью: наиболее расчлененные местности соответствуют наиболее богатым местообитаниям (с липой, кленом, вязом, пихтой) с выходами коренных карбонатных глин пермского возраста. В масштабе, соответствующем окрестности со стороной 6000 м, состав древостоя определяется горизонтальной кривизной: местности с наибольшей кривизной (выпуклые междуречья) более оптимальны для широколиственных пород, а с наименьшей, т. е. отрицательной (вогнутые долины), — для хвойных, представленных в основном сосной в силу песчаного выполнения долин и нижних частей придолинных склонов. В масштабе, соответствующем окрестности со стороной 2800 м, зависимость от рельефа пропадает, т. е. этот иерархический уровень для соотношения широколиственных и хвойных пород незначим.

Была поставлена задача — выявить ареал (совокупность) ПТК, которые более или менее строго подчиняются свойствам рельефа в окрестности со стороной 6000 м каждой ландшафтной единицы. Выбор именно такой окрестности для решения задачи обусловлен максимальными по сравнению с другими окрестностями значениями коэффициентов детерминации достоверных нелинейных мультирегрессионных моделей, отражающих связь большинства свойств почв и растительности с рельефом, что подробно описано нами ранее [7]. Коррелирующие друг с другом значения факторов дифференциации травостоя, древостоя и кустарников, чувствительных к трофности, имеют максимальную чувствительность к характеристикам рельефа в окрестности 6000 м, обусловленной, скорее всего, неотектоническими движениями. Обнаружено, что в 64 описанных фациях из 171 остатки от модели малы и для деревьев, и для трав, и для кустарников. Еще в 21 фации единой закономерности зависимости от рельефа подчиняются деревья и травы. Древостой подчиняется модели (см. рисунок) в ПТК со значительным участием пихты, ели, осины и малым участием сосны, с повышенной сомкнутостью крон и значительным накоплением подстилки. Такие признаки отделяют фации с зональной малонарушенной растительностью от фаций с посадками (сосны). Следовательно, в естественном состоянии лесов зависимость есть, при антропогенном изменении растительного покрова — исчезает. Кустарники и травы подчиняются рельефу при наличии суглинистых горизонтов под песчаным плащом на глубинах 20—30 см, не под-



Ареалы проявления зависимости соотношения хвойных и широколиственных пород в древостое от свойств рельефа в квадратной окрестности со стороной 6000 м (юго-западная Удмуртия, Кизнерский район).

Крупными точками показаны фации, подчиняющиеся единому типу межкомпонентных отношений (с малыми остатками мультирегрессионной модели), маленькими точками — с большими остатками модели.

чиняются — на песчаных почвах. Таким образом, в зональных условиях соотношение бореальных и неморальных видов деревьев, кустарников и трав контролируется характеристиками рельефа в окрестности 6000 м, в то время как в интразональных и антропогенных условиях эта зависимость не выражена.

Следовательно, если выделить классы рельефа по свойствам окрестности со стороной 6000 м, то внутри каждого класса будут близкие условия минерального питания, что отражается в сходных свойствах сразу нескольких ярусов фитоценоза (деревьев, трав и кустарников), но только в зональных условиях.

Гумусонакопление на плоских поверхностях зависит от рельефа ближайших окрестностей (1200 м) больше, чем от дальних окрестностей, т. е. варьирует в зависимости от принадлежности к мезоформе рельефа, обычно эрозионно-денудационной природы. Как правило, гумусонакопление возрастает на выпуклых и вогнутых поверхностях и снижается на плоских поверхностях с нулевой кривизной. Иначе говоря, на обширных плоских поверхностях лучше условия для оподзоливания и накопления подстилки, чем на узких, а для гумусонакопления — хуже. Размер урочищ имеет значение как самостоятельный фактор. Факторы более высокого порядка (например, неотектоническое наследие), формирующие местности, могут быть более существенны на склоновых поверхностях. На склоновых поверхностях рост вертикальной расчлененности

ведет к снижению оподзоливания — вероятно, за счет сокращения режимов временного переувлажнения и приближения к поверхности богатых коренных пород. Последнее свойственно целым местностям, а не отдельным урочищам, о чем свидетельствует чувствительность факторов оподзоливания к окрестности 6000 м.

Заключение. Метод анализа остатков мультирегрессионных уравнений, связывающих свойства растительности и почв со свойствами рельефа разных иерархических уровней, позволяет выделить компактные ареалы парциальных геосистем с единым управляющим процессом. Сопряженный анализ остатков от уравнений, отражающих зависимость от разных иерархических уровней организации рельефа, показал разнообразие полимасштабной организации варьирования компонентов ландшафта. Перераспределение минерального питания в ландшафте пластовых равнин Удмуртии, служащее главным фактором дифференциации фитоценозов и почв, проявляется на двух иерархических уровнях: с одной стороны, контролируется тектонически обусловленными контрастами рельефа со структурами размером около 6 км, с другой — эрозионными процессами со структурами размером около 1.2 км. Перераспределение влаги, контролирующее соотношение гумусонакопления и подзолообразования, связано со структурами рельефа размером около 1.2 км. Антропогенные воздействия и интразональные процессы исключают значительную часть ландшафта из ареала существования парциальных геосистем, обусловленных перераспределением минерального питания. Избранное разрешение цифровой модели рельефа безусловно не отражает всего многообразия факторов варьирования компонентов ландшафта. Вклад факторов, действующих на иных иерархических уровнях, чем рассмотренные в статье, отражается в максимальной степени в фациях с наибольшим отклонением наблюдаемых свойств компонентов от значений, предсказанных представленными в статье моделями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 11-05-00954, 08-05-00441).

Список литературы

- [1] Бутаков Г. П., Вахрушев В. П., Лебедев В. М. О тектонической предопределенности рельефа Удмуртии // *Вопр. геоморфологии Поволжья*. Вып. 1(4). Саратов: Изд-во СГУ, 1999. С. 71—76.
- [2] Видина А. А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям. М.: Изд-во МГУ, 1962. 120 с.
- [3] 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.
- [4] Дедков А. П., Мальшева О. Н., Порман С. Р., Рождественский А. Д. Древние поверхности выравнивания и останцовый рельеф Удмуртии // *Развитие склонов и выравнивание рельефа*. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1974. С. 64—76.
- [5] Ковалев А. П. Ландшафт сам по себе и для человека. Харьков: Бурун Книга, 2009. 928 с.
- [6] Солнцев В. Н. Структурное ландшафтоведение: основы концепции // *Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов*. Тез. X ландшафтной конференции. М.; СПб., 1997. С. 11—14.
- [7] Хорошев А. В. Иерархическая организация межкомпонентных связей в лесных ландшафтах Восточно-Европейской равнины // *Изв. РГО*. 2010. Т. 142. Вып. 5. С. 9—16.
- [8] Carlile D. W., Skalski J. R., Batker J. E., Thomas J. M., Cullinan V. I. Determination of ecological scale // *Landscape Ecology*. 1989. Vol. 2. N 4. P. 203—213.

- [9] *Haila Y.* Scaling environmental issues: problems and paradoxes // *Landscape and Urban Planning*. 2002. Vol. 61. N 2. P. 59—69.
- [10] *Hall O., Hay G. J., Bouchard A., Marceau D. J.* Detecting dominant landscape objects through multiple scales: An integration of object-specific methods and watershed segmentation // *Landscape Ecology*. 2004. Vol. 19. N 1. P. 59—76.
- [11] *Jin Yao, Peters D., Havstad K., Gibbens R., Herrick J.* Multiscale factors and long-term responses of Chihuahuan desert grasses to drought // *Landscape Ecology*. 2006. Vol. 21. N 8. P. 1217—1231.
- [12] *O'Neill R. V., Johnson A. R., King A. W.* A hierarchical framework for the analysis of scale // *Landscape Ecology*. 1989. Vol. 3. N 34. P. 193—205.
- [13] *Vasconcelos De M. J. P., Zeigle B. P., Graham L. A.* Modeling multiscale spatial ecological processes under the discrete-event systems paradigm // *Landscape Ecology*. 1993. Vol. 8. N 4. P. 273—286.

Москва
akhorosh@orc.ru

Поступило в редакцию
1 сентября 2011 г.

Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 2

© **В. Г. ЧУВАРДИНСКИЙ**

РЕЗУЛЬТАТЫ СКВОЗНОГО РАЗБУРИВАНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПОКРОВОВ АРКТИКИ И АНТАРКТИДЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Сквозное разбуривание ледниковых покровов Антарктиды, Гренландии, арктических островов с полным отбором ледяного керна, а также изучение ледников в естественных разрезах показало, что ледниковые покровы в своей придонной части (а равно в других частях льдов) не содержат обломочного материала валунной размерности. Во льдах отмечаются лишь редкие включения пылевидного и мелкозернистого вещества, значительная часть которого относится к вулканическому пеплу. Нижние придонные части покровных льдов не участвуют в общем движении ледников, а лежат на ложе ледника, консервируя доледниковую поверхность.

В качестве неопровержимых доказательств существования огромных четвертичных ледниковых покровов в Северном полушарии в пример ставится само наличие мощного покровного оледенения в Антарктиде и в Гренландии, а также ледниковых куполов на арктических островах. Дополнительно к этому аргументу выработаны многочисленные критерии былых покровных оледенений в Европе, Северной Америке, Северной Азии.

В первую очередь к ним относятся якобы выпаванные и вырезанные ледником в кристаллических породах фиорды, шхеры, озерные котловины, бараньи лбы, полированные скалы, штрихи и борозды на них. Считается установленным, что ледники разносили на тысячи километров глыбы и валуны кристаллических пород, дислоцировали породы платформенного чехла вплоть до фунда-