

УДК 911.52(470.11)

А.В. Хорошев, О.А. Артемова, В.М. Матасов, А.С. Кошечева

ИЕРАРХИЧЕСКИЕ УРОВНИ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ РЕЛЬЕФОМ, ПОЧВАМИ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В СРЕДНЕТАЕЖНОМ ЛАНДШАФТЕ¹

Постановка проблемы. Одной из ключевых проблем в ландшафтоведении, ландшафтной экологии и в современной науке в целом считается проблема поиска механизмов формирования целостных структур в природе [7, 16]. Для ландшафта одним из признаков целостности является согласованность реакции компонентов на изменение состояния одного из них или среды. Если определить средние размеры целостных систем, специфичные для конкретных ландшафтных условий, то это дает основания к принятию решений в управлении природопользованием. Например, можно рекомендовать ориентировочный размер выдела для лесоустроительных работ в разных ландшафтных позициях, размер сельскохозяйственных угодий, размер территорий с охраняемым статусом и т.п. Однако принятие таких решений будет давать экологически безопасные и экономически эффективные результаты, только если при этом учитываются положение природно-территориального комплекса (ПТК) в иерархии природных геосистем и его отношения с соседними или относительно удаленными ПТК посредством потоков вещества, энергии, информации.

Проблема иерархии и масштаба на рубеже веков считается ключевой методологической проблемой в современной ландшафтной экологии, особенно англоязычной, которая стимулирует развитие методов пространственного анализа и внедрение новой научной парадигмы перехода к исследованию нелинейных и хаотических процессов [13]. Показано, что для каждого процесса может быть выстроена своя иерархия, и для каждого из них свой масштаб может оказаться основным. Ключевые вопросы, на которые должна ответить ландшафтная экология для решения этой проблемы [14], сформулированы следующим образом [18]. В каких масштабах, на каких иерархических уровнях происходят и могут быть изучены экологические процессы? Какова должна быть детальность исследования в каждом масштабе? Как информация, полученная для одного масштаба, может быть транспонирована в другой масштаб пространства и времени? Какие ограничения существуют при экстраполяции, полученной при полевых исследованиях информации на другой иерархический уровень? Каковы теоретические основания для агрегирования и дезагрегирования данных? К этому перечню добавляется проблема выявления инвариантов ландшафтных рисунков [2].

Наиболее очевидный аспект взаимовлияния ПТК — перенос вещества под действием сил гравитации, т.е. под контролем рельефа. Для определения зоны воздействия на ПТК необходимо оценить размеры окрестности, при изменении характеристик которой могут меняться его свойства, т.е. определить фактические размеры геосистемы вышестоящего ранга. Это может быть достигнуто сопоставлением результатов построения серии статистических моделей, в каждой из которых входными переменными являются характеристики рельефа, а выходными — характеристик почв, растительности, вод. Иерархические уровни, в которых реализуются отношения между компонентами ландшафта, могут быть определены путем перебора комбинаций свойств мельчайшей операционной единицы разных размеров и окрестности разных размеров. Сравнение качества описания межкомпонентных отношений разными моделями позволяет определить некоторые “резонансные” сочетания, при которых качество моделей наилучшее.

“Резонансные” сочетания параметров нами интерпретируются как индикаторы характерного пространства межкомпонентных отношений — пространства, в котором наблюдается строгая согласованность варьирования свойств пары (как минимум или множества компонентов ландшафта и, следовательно, несмотря на мозаичность, существует единый фактор пространственной дифференциации парциальных геосистем, являющихся подсистемами ПТК [14]. Каждый компонент может быть охарактеризован на нескольких иерархических уровнях; поэтому выдвигается гипотеза о возможном их совпадении для разных компонентов, что позволило бы установить иерархию межкомпонентных отношений и, следовательно, иерархию факторов пространственной дифференциации ландшафта. Принципиально важно, что эта иерархия устанавливается не на основе какого-либо одного ведущего признака, а на основе отношений внутри целой группы признаков, характеризующих разные компоненты ландшафта.

В последние годы разработаны подходы к выделению на строгой количественной основе иерархической организации рельефа [3, 8, 9], растительного покрова [17], т.е. тех компонентов и свойств, которые допускают континуальное описание с помощью циклических моделей рельефа и дистанционной информации. Поскольку независимое (от рельефа) континуальное описание почвенного покрова и ярского

структуры растительности практически нереализуемо, то для выявления иерархии целостных структур с полным набором компонентов приходится использовать данные точечных описаний в комбинации с характеристиками рельефа окрестности. Если сравнивать ПТК по свойствам рельефа в некоторой окрестности, то для переувлажненных районов это будет соответствовать характеристикам дренированности, связанной с положением грунтовых вод и скоростью их латерального переноса.

В статье демонстрируется решение следующих задач: 1) сравнение степени сопряженности растительности и почв с рельефом для контрастных ландшафтных условий; 2) установление оптимальной дробности классификации рельефа, которая адекватно отражает целостность ландшафтных комплексов; 3) оценка характерного пространства отношений между рельефом, растительностью и почвами; 4) выявление числа иерархических уровней реализации межкомпонентных отношений и существования целостных ландшафтных структур.

Объекты исследования. Исследование проведено в пределах хорошо изученного с 1994 г. среднетаежного полигона кафедры физической географии и ландшафтоведения МГУ в Устьянском районе Архангельской области. Для решения поставленных задач выбраны два ПТК ранга урочища различного генезиса — балка и слабовыпуклое междуречье. Урочища расположены в пределах сильноэрозированной структурно-эрозионной равнины, сложенной пермскими мергелями, которые перекрыты маломощным чехлом озерно-ледниковых валдайских и моренных московских отложений, с сельскохозяйственными землями и вторичными елово-березово-сосновыми лесами на агродерново-подзолистых почвах по междуречьям и сочетанием агрообразцов и рендзинов по склонам [12]. Зеркальность этих урочищ по положению в рельефе позволяет оценивать разнонаправленные механизмы взаимодействий между ПТК разных гипсометрических уровней. В обоих случаях исследуется дальность влияния соседних ПТК, но в первом случае — косвенное влияние соседних долинных ПТК через степень дренированности, а во втором — прямое влияние соседних междуречных ПТК через нисходящие потоки вещества. Амплитуда высот территории от вершин междуречий до днищ эрозионных форм одинакова и составляет около 40 м.

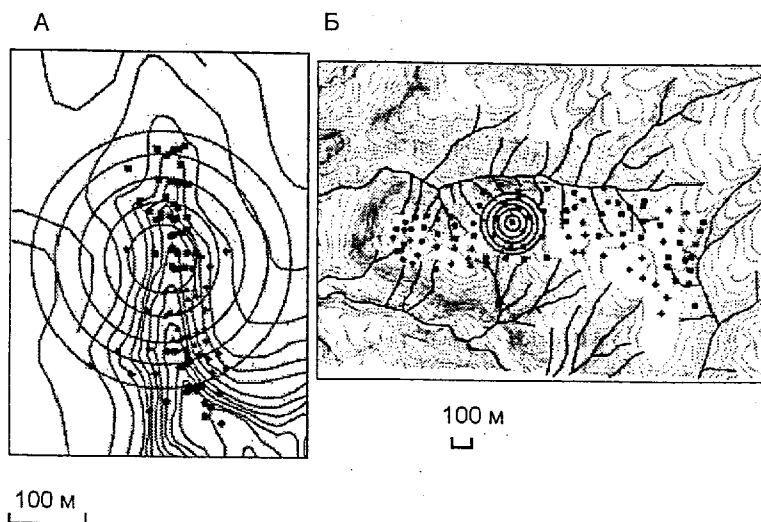
Балка является классическим примером урочища [10] с четко выраженными, обусловленными рельефом границами подурочищ и фаций. Поэтому, отталкиваясь от классических представлений о дифференцирующей роли рельефа, авторы считают балку удобным объектом для выяснения на строгой количественной основе, в какой степени отдельные свойства почв и растительности подчиняются жестким рамкам рельефа, какой размер и очертания имеют целостные геосистемы, в каком соподчинении они находятся.

Междуречье исследуется как объект с неявным влиянием рельефа на мобильные компоненты. По

обычным представлениям оно целиком должно быть отнесено к одному урочищу, ограниченному бровками склонов долин. Однако влияние примыкающих урочищ может передаваться в форме информации “снизу вверх” по рельефу через уровень грунтовых вод. В связи с этим выдвигается гипотеза о возможно более сложной внутренней ландшафтной структуре междуречья и существовании парциальных геосистем с несогласованными границами.

Балка Становская длиной 500 м и шириной 300 м ориентирована на юг (рисунок, А). В верховьях она врезана в моренные суглинки московского возраста, глубина вреза около 5 м, склоны в этой части покатые, и на одном из них сохранен небольшой участок елово-соснового кислично-зеленомошного леса. С запада к балке примыкает небольшой отвершек длиной 100 м с глубиной вреза до 4 м. В центральной части балка врезается в пласты мергеля, сужается и углубляется; профиль приобретает V-образный характер. Склоны балки становятся крутыми, порой достигая 30—40°, прибалочные склоны покатые, покрыты злаково-разнотравными лугами на серогумусовых почвах (по [6]), местами распахананы. В днище господствуют геранево-таволговые сообщества на аллювиальных серогумусовых почвах. В днище появляется свежий эрозионный врез, о периодическом смещении которого свидетельствуют слоистые почвы. Также в почвах обнаружены погребенные горизонты, содержащие угли, что может говорить о намыве материала после выжигания лесов предположительно в XIV—XV вв., когда началось антропогенное освоение местности [11]. В нижней части балка расширяется, днище выполаживается, активизируются процессы заболачивания. Почвообразующая порода склонов в этой части — озерно-водно-ледниковые пески, а не морена или мергель, как в средней. Видимо, в валдайское время существования приледникового Важского озера [5] днище балки было своеобразным затопом.

Второй объект — междуречье, оно хорошо дренировано, сложено пермскими мергелями, перекрытыми маломощными моренными суглинками с чехлом озерно-ледниковых супесей с вторичными елово-березово-сосновыми зеленомошными и мелкотравными лесами на агродерново-подзолистых почвах и агроподзолах иллювиально-железистых (рисунок, Б). Местами почвенный профиль подзолистого типа на двучленных отложениях усложняется за счет формирования вложенного альфегумусового подзола с ярко выраженным горизонтом ВFe [4]. В центре встречаются небольшие сосняки-черничники сфагновые на торфянисто-подзолистых почвах. Водосборные понижения заняты елово-сосновыми долгомошносфагновыми лесами на подзолисто-глееватых почвах. Доминируют плоские поверхности с елово-березовыми кислично-зеленомошными лесами на агродерново-подзолистых почвах. На пологих приводораздельных склонах расположены березово-сосновые леса на агродерново-подзолистых почвах, а также сосново-



Объекты исследования и классы рельефа: А — балка, Б — междуречье. Значками показана принадлежность описанных фаций к классам рельефа, выделенным по совокупности морфометрических параметров (пояснения см. в тексте). Окружностями показаны размеры окрестностей каждой фации, в которых проводился расчет морфометрических параметров рельефа (последовательно 90, 150, 210, 270 и 330 м)

еловые и сероольховые леса на подзолистых или смытых серогумусовых почвах при близком залегании коренных карбонатных мергелей. Мозаичность связана с проводившимися здесь в прошлом вырубками леса и использованием земель под пашни. Вырубки проводились не одновременно, возраст леса варьирует от 30 до 60 лет. Выборочные рубки на дрова продолжаются и сейчас на площадях до 100 м², при этом образуются поляны, быстро зарастающие серой ольхой, березой, осиной и ивой.

Методы исследований. Для каждого объекта составлено по 100 комплексных ландшафтных описаний. На междуречье описания проводились по квазирегулярной сетке с шагом около 100 м, в балке — пропорционально площади, занимаемой элементами мезоформ рельефа с некоторым сгущением в днище. Для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) средствами ГИС ArcView 3.2a использованы топографические карты масштаба 1:10 000. ЦМР составлены в двух вариантах — с разрешением 10 и 30 м, что близко к средним размерам элементарных ПТК — фаций в балке и на междуречье соответственно. В базу данных внесено 175 характеристик почв и растительности: 13 показателей механического состава почв на разных глубинах через каждые 5 см, 30 — цвета почв по шкалам Манселла (оттенок, яркость и цветность через 5 см), 15 — мощности генетических почвенных горизонтов, 20 — древостоя (обилие видов, высота, диаметры, сомкнутость крон), 18 — обилия видов кустарников, кустарничков, мхов и 80 — обилия видов трав. Число показателей, включенных в базу данных и характеризующих растительность, обусловлено суммарным числом встреченных видов в обоих урочищах. Для снижения размерности массива данных и приближения данных к нормальному распределению все показатели почв и растительности

методом многомерного шкалирования были преобразованы в виртуальные факторы дифференциации механического состава, цвета и горизонтов почв, древостоя, травостоя, кустарникового и кустарничково-мохового яруса таким образом получилось 6 групп факторов для каждой группы — по 4–5 факторов. Каждый из факторов отражает согласованности реакции значений групп показателей на пространственную дифференциацию современных и палеоландшафтных процессов, например интенсивности гумусирования и оподзоливания почв, сортировки механического состава отложений в условиях приледниковых озер, перераспределения влаги и т.п.

В ГИС ArcView 3.2a (модуль Spatial Analyst) и программе FRACDIM (авторы Г.М. Алещенко, Ю.Г. Пузаченко) были рассчитаны следующие характеристики дренированности рельефа: уклоны, расстояние до ближайшего водотока, а также ряд характеристик в скользящем квадрате со сторонами 90, 150, 210, 270 и 330 м — вертикальная расчлененность (стандартное отклонение высот), горизонтальная расчлененность (сумма длин тальвегов) горизонтальная, плановая и вертикальная кривизны рельефа. Набор линейных размеров скользящего квадрата для расчета характеристик рельефа отражает выдвинутые гипотезы о размерах окрестности, состояние которой влияет на вертикальную структуру описанных фаций. Минимальный размер — 90 м — характеризует состояние ПТК, непосредственно контактирующих с описанными фациями; максимальный — 330 м — близок к среднему размеру урочищ на полигоне [12] и характеризует возможное влияние соседних урочищ. Эти характеристики в стандартизованном виде использовались для классификации рельефа методом *k*-средних отдельно для разрешения 10 и 30 м и для разных размеров скользящих квадратов. Отношения между свойствами почв и растительности и рельефом исследовались в программе Statistica 6.0 методами дискриминантного (при дискретном представлении рельефа) и регрессионного (при непрерывном представлении) анализа.

Результаты исследований. Согласно регрессионным моделям, для междуречья наиболее тесную связь с характеристиками дренированности обнаруживают травяной, кустарничково-моховой и кустарниковый ярусы растительности (коэффициент детерминации $r^2 = 0,3 \pm 0,4$), в меньшей степени — древесный ярус и мощности почвенных горизонтов ($r^2 < 0,1$). Практически нечувствительны к вариациям рельефа механический состав отложений и цветовые характеристики почв. Из характеристик рельефа наибольший вклад в варьирование свойств мобильных компонентов внесит горизонтальная расчлененность при минимальном вкладе уклонов. Это указывает на ключевое значение плотности стоковых систем, регулирующих концентрацию или рассеивание влаги и зависящих о

густоты разрывных нарушений и самоорганизации стока. Размер целостного ПТК низшего ранга на междуречье составляет 30 м и соответствует, скорее всего, уровню фации, так как такой размер операционной единицы оказался более адекватен исследуемым отношениям, чем 10 м.

Если бы все свойства варьировали в зависимости от рельефа одной и той же окрестности, то это доказывало бы существование единой иерархии отношений для всех компонентов. Однако мультирегрессионные модели для междуречья показали, что адекватный исследуемым отношениям размер окрестности различен для групп свойств (рисунок, Б). Так, обилие видов травяного яруса варьирует в зависимости от степени расчлененности рельефа в окрестности со стороны квадрата 210 м. Состав древостоя обычно зависит от более узкой окрестности размером до 90 м. Показательно, что наиболее отзывчиво к дифференциации рельефа соотношение мелколиственных и хвойных видов, что иллюстрирует адаптацию лесопользования к рельефу: на слаборендеривированных участках вырубки леса не проводились с довоенного времени, в отличие от хорошо дренированных участков, где регулярно происходит обновление древостоя за счет рубок. Для кустарникового и мохово-кустарничкового ярусов более существенна обстановка в окрестности 330 м, как и для соотношения торфонакопления и оподзоливания, развития вложенного профиля альфегумусового подзола.

Таким образом, в условиях слаборасчлененного рельефа почвы и растительность подчиняются разномасштабным системам поверхностного и подземного стока. Анализ распределения остатков линейной модели в пространстве показал, что наилучшим образом она описывает пологие, хорошо дренированные придолинские склоны с березово-сосновыми лесами и приречные части междуречья с елово-березовыми лесами. В наименьшей степени описываются свойствами рельефа плоские плоходреннированные участки междуречья с лесными болотцами с сосняками, где, скорее всего, в распределении растительности значительную роль играют более мелкие формы рельефа, не «улавливаемые» ЦМР масштаба 1:10 000 при разрешении 30 или 10 м в пикселе.

Существенно иную картину отношений компонентов дает анализ внутриурочишной структуры Становской балки. Травяной ярус в континуальном представлении значительно менее прочно связан с рельефом, чем на междуречье, причем при разрешении и 10 и 30 м. Механический состав отложений, наоборот, значительно теснее сопряжен с рельефом в балке, чем на междуречье. Это отражает более сложную структуру потоков вещества, формирующих литологические контрасты. Обилие погребенных горизонтов на склонах и в днище балки иллюстрирует высокую изменчивость во времени состава поверхностных отложений. Травостой при этом может развиваться относительно независимо от незначительных колебаний микрорельефа. Среди почвенных ха-

рактеристик более динамичные — цветовые — по регрессионной модели прочнее связаны с более динамичным рельефом в балке, а более инертные — мощности почвенных горизонтов — на междуречье.

Построение континуальных мультирегрессионных моделей межкомпонентных связей исходит из представления, что свойства компонентов ландшафта более или менее пропорционально реагируют даже на небольшие изменения факторов дифференциации. Возможно, однако, и другое представление: у мобильных компонентов есть некоторый «запас прочности», позволяющий им сохранять свойства в узком диапазоне значений до определенного критического порога состояния фактора (в данном случае — рельефа). Для этого необходима дискретная модель межкомпонентных отношений. Она может быть реализована через классификацию рельефа и проверку гипотезы, что каждый из полученных классов является экологически относительно однородным пространством со свойственным только ему набором признаков почв и растительности. Переход в пространстве от одного класса рельефа к другому, согласно этой гипотезе, должен знаменовать переход через критический порог возможностей контролируемых рельефом компонентов и смену их свойств. Вариабельность в пределах одного класса рельефа может быть либо реализацией триггерной системы с несколькими устойчивыми состояниями [1], либо следствием действия фактора рельефа более низкого порядка, либо факторов иной природы, либо проявлением разных стадий развития фаций ПТК.

Верификация гипотезы о дискретном характере отношений между рельефом, почвами и растительностью осуществляется посредством дискриминантного анализа. Показателем прочности связей является доля ПТК, выраженных через свойства почв и растительности, которые безошибочно распределяются по заданным классам рельефа, а условная вероятность принадлежности к заданному априори классу существенно больше, чем вероятность принадлежности к другим классам. Проверялась значимость моделей для 2, 4 и 6 классов рельефа (таблица).

Для междуречья при разделении на 2 класса рельефа при размере пиксела 30 м различаются плоская поверхность и пологие придолинские склоны. Лучше всего распознаются свойства древостоя, травостоя и мощность генетических горизонтов почв (68—70%), хуже всего — цветовые характеристики, механический состав почв (около 50%). По всей совокупности свойств почв и растительности два класса рельефа корректно различают 87% ПТК. На следующем уровне классификации (4 класса, рисунок, Б) в склоновых классах выделяются пологие участки с березово-сосновыми лесами и мощным пахотным горизонтом (класс 1 на рисунке, Б) и покатые склоны с елово-березовыми лесами (класс 2). Два междуречных класса представляют собой елово-березово-сосновые леса в наиболее удаленной от бровки плоской части междуречья на слабоподзолистых почвах (класс

Качество распознавания классами рельефа свойств почв и растительности в балке Становская при разрешении цифровой модели рельефа 10 м и разных размерах окрестности расчета характеристик рельефа (дискриминантная модель, процентная доля корректно распознаваемых классов)

Группы показателей	Дробность классификации рельефа и окрестность расчета, м														
	2 класса					4 класса					6 классов				
	90	150	210	270	330	90	150	210	270	330	90	150	210	270	330
Мощность горизонтов почв	76	65,1	77,4	63,2	67,9	55,7	54,1	57,5	53,8	56,6	43,4	38,7	39,6	46,2	48,1
Обменные катионы почв	53,9	84,3	68,7	83,1	81,7	46,4	58,5	65,1	62,2	49,4	48,8	51,1	46,9	47,6	50
Цвет почв	52,8	68,9	73,6	65,1	63,2	34,9	49,1	50	49,1	39,6	27,4	27,4	33,0	31,1	31,1
Механический состав почв	62,3	74,5	77,4	73,6	77,4	46,2	51,9	59,4	52,8	45,3	36,8	35,8	44,3	35,8	37,7
Обилие видов трав	58,5	73,6	71,7	72,6	63,2	44,3	50	54,7	53,8	44,3	34,9	32,1	38,7	33,0	31,1
Совокупность показателей почв и травостоя	66,0	82,1	84,0	78,3	83,0	54,7	65,1	65,1	63,2	52,8	50,9	51,9	52,8	55,7	52,8

Примечание. Полу жирным выделены характерные пространства отношений в системах рельеф—почвы и рельеф—растительность.

3) и обрамляющие их прибрежные плоские или слабовыпуклые участки с сосновыми лесами на сильноподзолистых почвах (класс 4). Разделение на 6 классов рельефа оказывается избыточным, так как некоторые классы имеют значительное пересечение по свойствам компонентов, особенно характеристики цвета и механического состава почв. Если выделение 4 и особенно 2 классов дренированности внутри междуречья оправданно и вполне может расцениваться как отражение объективной иерархии целостных ПТК, то деление на 6 классов не имеет ландшафтного содержания.

При последовательном увеличении дробности геоморфологической классификации степень различия классами рельефа свойств почв и растительности снижается неодинаково. Для древостоя качество описания ухудшается медленнее, чем для других ярусов растительности или почвенных горизонтов, следовательно, иерархия древесного яруса может быть более сложной и точнее соответствовать дискретным классам дренированности. Можно считать, что 6 классов дренированности находят отклик в формировании парциальной геосистемы типа рельеф—древостой, но целостные полные геосистемы при этом не возникают: другие ярусы и почвы не столь контрастны. В целом для междуречья разрешение 30 м в пикселе лучше отражает дифференциацию по классам дренированности свойств древостоя, кустарничково-мохового яруса и мощности почвенных горизонтов, чем разрешение 10 м. Для травяного яруса, механического состава и цвета почв оптимальнее разрешение 10 м. Такое различие интерпретируется как разное характерное пространство парциальных геосистем: первая группа свойств менее чувствительна к микрорельефу и отражает структуру потоков вещества более высокого порядка.

Разделение балки на 2 класса рельефа отражает различия слаборасчлененных верховьев и глубоковрезанной нижней части. Дифференциация следующего уровня (4 класса) различает слаборасчлененные верховья (класс 1, рисунок, А), днище (класс 2), крутые склоны балки (класс 3) и покатые прибалочные скло-

ны (класс 4), что в общем соответствует обычному набору подурочищ (рисунок, А). При увеличении дробности классификации до 6 классов различаются формы склонов и их расчлененность ложбинами. В балке дифференциация травостоя описывается классами рельефа хуже, чем на междуречье, а свойства почв, наоборот, существенно лучше. Это доказывает высокую чувствительность почвообразовательных процессов к интенсивности миграции вещества, контролируемой морфометрией рельефа. Из почвенных показателей наиболее хорошо выражено иерархическое устройство механического состава: минимально снижается качество различия классами рельефа при возрастании дробности классификации. Почвенные процессы и травостой в меньшей степени организуются рельефом либо в большей степени подвержены самоорганизации или антропогенному воздействию. Для них жесткие условия дифференциации создаются делением балки на слабоврезанное верховье и глубоковрезанную нижнюю часть; при более дробном делении соответствие классам рельефа ослабевает. Неожиданно слабая восприимчивость травостоя к совокупности морфометрических показателей рельефа: возможно, связана с сенокосением, распашкой, также с динамичностью литологических условий.

Поиск оптимального характерного пространства в котором в балке реализуются связи между рельефом почвами и растительностью, дает разные результаты при разрешении 10 и 30 м. При разрешении 30 м ЦМ не отличает днище балки от ее коротких крутых склонов, но отличает балку в целом от прибалочных склонов и отрезки балки разной степени врезанности. Большинство показателей чувствительно к свойствам рельефа на двух иерархических уровнях: пики качества описания соответствуют окрестности 90 и 330 (рисунок, А). Для фаций днища балки, например, это означает, что свойства почв и растительности меняются в зависимости от морфометрии, во-первых, нижней части прибалочных склонов и, во-вторых, с морфометрии комплекса мезоформ от водораздела днища балки, включая приводораздельные пологие прибалочные покатые склоны. При увеличении разрешения ЦМР до 10 м (таблица) достаточно четко

распознается оптимальная окрестность около 210 м почти для всех групп показателей почв и растительности (хотя в некоторых случаях процентная доля точно распознаваемых классов близка и при смежных размерах окрестности). Для фаций днища балки это означает, что их свойства варьируют в зависимости от морфометрии крутых склонов балки и покатых прибалочных склонов, расчлененных неглубокими ложбинами, но не зависят от морфометрии примыкающих выпуклых водораздельных поверхностей.

Таким образом, по большинству компонентов выделяется оптимальный масштаб взаимоотношений с рельефом — окрестность 210 м, а оптимальная дробность классификации рельефа, имеющая ландшафтное содержание (целостные геосистемы), — 4 класса. Такое «единодушие» почв и растительности, однотипно реагирующих на геоматические условия, позволяет выделить целостные ПТК ранга примерно подурочища. Проверка гипотезы о существовании целостных геосистем по всей совокупности свойств почв и растительности показала, что оптимально разделение территории на 4 класса рельефа. При этом разрешение 30 м позволяет выявить три иерархических уровня существования целостных комплексов с размерами 90, 210 и 330 м. При разрешении 10 м вся совокупность свойств почв и растительности согласуется с характеристиками рельефа в окрестности 210 м.

Заключение. Сочетание дискретного и континуального подходов позволяет установить, что отдельные свойства почв и растительности среднетаежного ландшафта имеют разное характерное пространство

отношений с рельефом и влагообеспеченностью и включены одновременно в системы отношений нескольких иерархических уровней. Установлено, что в условиях слаборасчлененного рельефа узких междуречий почвы и растительность подчиняются разномаштабным системам поверхностного и подземного стока: древостой чувствителен к характеристикам рельефа в более узкой окрестности, чем травяной ярус. Наиболее чувствительны к состоянию соседних урочищ (т.е. к наиболее отдаленной от фации окрестности) кустарниковый и мохово-кустарниковый ярусы, а также характеристики оподзоливания почв и торфо-накопления.

Оптимальный размер операционной единицы для выявления целостных ландшафтных структур на междуречье составляет 30 м, а в балке — 10 м. Иерархия целостных парциальных ландшафтных структур рельеф—почва—растительность зависит от размера операционной единицы (разрешения модели). При размере операционной единицы 10 м целостность ландшафтных комплексов в балке проявляется в пространстве со стороны около 210 м. При размере операционной единицы 30 м в балке выделяются три иерархических уровня существования целостных комплексов с размерами 90, 210 и 330 м. В ПТК с более динамичным рельефом к нему более чувствительны свойства с меньшим характерным временем. Существует закономерное соотношение между характерным временем формирования свойств компонентов и теснотой их связи с рельефом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд А.Д., Ведюшкин М.А. Триггерные геосистемы. Препринт. М., 1989.
2. Викторов А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М., 2006.
3. Гагаева З.Ш., Пузаченко Ю.Г., Алещенко Г.М. Классификация форм рельефа горной территории для составления мелкомасштабной ландшафтной карты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 1. С. 26—35.
4. Горбунова И.А., Гаврилова И.П. Особенности текстурно-подзолистых иллювиально-железистых почв Архангельской учебно-научной станции МГУ // Геохимия ландшафтов и география почв. Смоленск, 2002.
5. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л., 1975.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004.
7. Петлин В.М. Синергетика ландшафту. Львів, 2005.
8. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Иванов А.Н. Анализ иерархической организации структуры рельефа как основы организации природно-территориального комплекса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1997. № 1. С. 3—9.
9. Пузаченко Ю.Г., Онуфреня И.А., Алещенко Г.М. Количественные методы классификации форм рельефа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2002. № 6. С. 17—25.
10. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте // Солнцев Н.А. Избр. труды. М., 2001.
11. Угрюмов А.А. Кокшеньга: Историко-этнографические очерки. Архангельск, 1992.
12. Хорошев А.В. Ландшафтная структура бассейна р. Заячья (Важско-Северодвинское междуречье, Архангельская область). М., 2005. Деп. ВИНТИ 27.09.2005 № 1253-В2005.
13. Хорошев А.В. Проблема иерархии и масштаба в зарубежной ландшафтной экологии // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: Мат-лы XI Международной ландшафтной конференции. М., 2006.
14. Хорошев А.В. Характерное пространство межкомпонентных отношений в ландшафте // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2007. № 1. С. 22—28.
15. Lookingbill T., Urban D. An empirical approach towards improved spatial estimates of soil moisture for vegetation analysis // Landscape Ecology. 2004. Vol. 19. N 4. P. 417—433.
16. Naveh Z. What is holistic landscape ecology // Landscape and Urban Planning. 2000. Vol. 50. N 1—3. P. 7—26.
17. Wu J., Jelinski D.E., Luck M., Tueller P.T. Multiscale analysis of landscape heterogeneity: scale variance and pattern metrics // Geographic Information Sciences. 2000. Vol. 6. N 1. P. 6—19.
18. Wu J., Hobbs R. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis // Landscape Ecology. 2002. Vol. 17. N 4. P. 355—365.