

УДК 631.4:556.51(470.53)

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184)

И.А. САМОФАЛОВА

Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова,
614990, Пермь, ул. Петропавловская, 23, Россия, samofalovairaida@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАСЕЙНОВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВОВ (ХРЕБЕТ БАСЕГИ, СРЕДНИЙ УРАЛ)

Применение бассейнового подхода и других современных методов исследования (информационно-логического анализа, геомоделирования) помогло выявить взаимодействие и особенности взаимоположения геосистем высотных поясов и водосборных бассейнов рек, которые формируют особенности дифференциации растительного и почвенного покровов в горных условиях. Показано, что ландшафтный рисунок и морфометрические характеристики бассейнов рек указывают на различные процессы разрушения горного массива в западной и восточной частях хр. Басеги. Выявлено, что асимметрия склонов хребта и связанные с этим гидротермические условия приводят к дифференциации структурной организации бассейнов. Установлена степень зависимости растительного сообщества и типа почв от крутизны, экспозиции склона, абсолютной высоты местности и элементов структуры водосборных бассейнов малых рек. Изучаемые условия рельефа по усилению степени влияния на условия произрастания растительных сообществ образуют ряд: экспозиция склонов < элементы бассейнов рек < крутизна склона < высота в метрах над уровнем моря. Найдены специфические состояния растительности и почв, соответствующих элементам бассейна. Сделан вывод, что большей информативностью обладают тундровая и луговая растительность. На основании обобщенного пространственного анализа создана картографическая модель почвенного покрова хр. Басеги. Элементы водосборных бассейнов характеризуются различным почвенным покровом. Установлено максимальное разнообразие растительных сообществ и пестроты почвенного покрова на склоновых поверхностях бассейнов рек, где в большей степени проявляется взаимодействие высотных ландшафтов и бассейнообразования. Пестрота почвенного покрова выражается в сочетании зональных почв (буроземов) горной тайги и азональных (глеевых и торфяных). Таким образом, при доминировании процессов бассейнообразования на склонах наблюдается некоторая «деформация» сложившейся структуры высотно-растительных поясов. На водораздельных пространствах, выше энергетических зон (водосборных воронок), влияние бассейнообразования ослабевает и усиливается дифференциация ландшафтов, связанная с высотной поясностью.

Ключевые слова: ландшафт, геосистемы, высотная поясность, водосборные бассейны, горные почвы, информационно-логический анализ.

I.A. SAMOFALOVA

Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov,
614990, Perm, ul. Petropavlovskaya, 23, Russia, samofalovairaida@mail.ru

USING THE BASIN APPROACH TO STUDY THE DIFFERENTIATION OF VEGETATION AND SOIL COVER (BASEGI RIDGE, MIDDLE URALS)

Use of the basin approach and other modern research methods (information-logical analysis, and geomodeling) helped to reveal the interaction and special features of the mutual location of geosystems of altitudinal belts and river catchments which form the characteristic features in the differentiation of vegetation and soil cover in mountain conditions. It is shown that the landscape pattern and morphometric characteristics of river basins indicate different processes of destruction of the mountain massif in the western and eastern parts of the Basegi Ridge. It was found that the asymmetry in the slopes of the ridge and the associated hydrothermal conditions lead to a differentiation in the structural organization of the basins. This study determined the degree of dependence of the plant community and the soil type on the slope steepness and exposure, the absolute elevation and structural elements of the catchments of small rivers. According to an enhancement in the degree of influence on the growth conditions of plant communities, the topographic features under study form a series: slope exposure < elements of river basins < slope steepness < height above the sea level in meters. Specific conditions of vegetation and soils corresponding to the elements of the basin are determined. It is concluded that tundra and meadow vegetation is more informative. Based on the generalized spatial analysis, the cartographic model was developed for the soil cover of the Basegi Ridge. The elements of the catchments are characterized by different soil cover. A maximal diversity of plant communities and soil cover variegation on the slope surfaces of river basins is more clearly pronounced. Soil cover variegation implies a combination of zonal soils (Brown

forest soils, Cambisols) of the mountain taiga and azonal soils (Glezezes (Gleysols) and peat soils (Histosols)). Hence, with the processes of basin formation predominating, the slopes show some "deformation" of the existing structure of altitudinal-vegetation belts. In watershed spaces, above the energy zones (catchment funnels), the influence of basin formation is weakening and the altitudinal zonation-associated differentiation is enhanced.

Keywords: *landscape, geosystems, altitudinal zonation, river basins, mountain soils, information-logical analysis.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в исследовании наземных геосистем широко используется бассейновый подход как один из способов деления ландшафтно-геоэкологического пространства. Это объясняется тем, что бассейновые геосистемы имеют строгую иерархическую упорядоченность и связаны потоками вещества и энергии [1–3]. Склоновые и русловые потоки формируют особые геосистемы, поскольку речной сток через распределение водных ресурсов, особенности рельефа и микроклимата влияет на почвенный покров и растительность [2, 4, 5].

Целесообразность использования бассейнового подхода для изучения особенностей горного почвообразования и формирования почвенного покрова предложена и обоснована Т.А. Трифоновой [2]. Установлено, что в горных условиях на все компоненты ландшафта отчетливо влияют две различно организованные структуры: высотно-растительные пояса (или горизонтальные геосистемы) и водосборные бассейны (вертикальные геосистемы) [2]. Пространственная неоднородность горного рельефа обуславливает разнообразие, динамичность и сложность проявления, сочетания процессов и факторов морфогенеза [6–9]. В биоценологических связях растительности принадлежит особая роль, особенно в горных странах, так как развитием и составом растительных сообществ определяются многие консервативные и динамические свойства почв [8–11].

Уральские горы находятся на территории России и Казахстана и представляют собой уникальный географический объект, разделяющий материк Евразия на две части. Это водораздел двух крупнейших речных бассейнов России: Камско-Волжского и Иртышско-Обского. Уральская горная страна пересекает территорию России с севера на юг и проходит по пяти географическим зонам. Природные особенности конкретной территории любой части Урала влияют на формирование и динамику геосистем. В связи с этим изучение многообразного и сложного взаимодействия растительности и почв является особо актуальным.

Цель исследования заключается в выявлении взаимодействия и особенностей взаимоположения геосистем высотных поясов и водосборных бассейнов, существующих в едином пространстве и влияющих на формирование растительного и почвенного покровов на Среднем Урале.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Объекты исследования — бассейны малых рек, растительный и почвенный покровы на особо охраняемой природной территории (ООПТ) ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги»» (Пермский край, Гремяченский район). В состав заповедника входит меридионально вытянутый хр. Басеги, состоящий из трех гор: Северный Басег (951,9 м над ур. моря), Средний Басег (994,7 м над ур. моря), Южный Басег (851 м над ур. моря). Горная гряда залегает западнее водораздельной части Урала (58°50' с. ш. и 58°30' в. д.). Самая низкая точка в заповеднике — 314 м над ур. моря.

Территория относится к области грядово-останцовых низкогорий Среднего Урала. Хребет Басеги разделен меридиональными депрессиями, происхождение которых связано с тектоническими и карстово-тектоническими процессами и которые дренируются речными долинами [12]. В прошлом вся горная гряда Басеги представляла единое целое. В настоящее время хребет сильно разрушен в результате процессов денудации, что привело к образованию отдельных вершин. Чередование скалистых выходов и седловин можно объяснить различной податливостью к денудации слагающих данную местность горных пород. Рельеф представлен денудационными морфотипами (низкогорье — 500–1000 м, мелкогорье и останцово-педиментный уровень — до 500 м), на которые накладываются процессы высотно-поясного, склонового и долинного ландшафтогенезов. С северной стороны Басеги постепенно переходят в долину р. Усьвы. С юга хребет заканчивается пологим склоном, который тоже постепенно переходит в горную долину р. Вильвы.

Климат холодный и влажный, с проявлением континентальности. Западные и северо-западные массы атлантического воздуха богаты влагой, выпадающей в виде осадков (700–800 мм в год) преимущественно на западном склоне [12]. Поэтому условия увлажнения различаются между западным и восточным склонами хребта.

По зональному распределению растительного покрова территория относится к подзоне средней тайги бореально-лесной зоны. По ботанико-географическому районированию европейской части России заповедник входит в состав Камско-Печорско-Западно-Уральской подпровинции Урало-Западно-Сибирской таежной провинции Евро-Азиатской таежной области. По геоботаническому районированию Пермского края хр. Басеги относится к подрайону пихтово-еловых и березовых лесов района горно-таежных пихтовых лесов. Современная ландшафтная карта заповедника включает три ландшафтных пояса: горно-таежный (300–600 м над ур. моря), подгольцовый (600–800 м над ур. моря) и горно-тундровый (более 800 м над ур. моря). При подъеме в горы происходит смена растительных сообществ: лес сменяется редколесьями с пятнами горных лугов, луга — горными тундрами [5, 12].

Территория заповедника относится к Койвинско-Косьвинскому ландшафту, представляющему собой вид высоких грядово-увалистых ландшафтов, сформировавшихся на карбонатных и частично терригенных породах (класс — горных, подкласс — низкогорных, тип — таежных ландшафтов).

При исследовании были использованы следующие методы: сравнительно-географический, ГИС-технологий, индикационных связей, статистические, картографические, геомоделирования. Один из методов геомоделирования — это обобщенный пространственный анализ, который включал: построение цифровой карты модели рельефа и анализ морфометрических характеристик; определение границ водосборных бассейнов и структуры их элементов на основе модели гидрографической сети; дифференциацию высотно-растительных геосистем; определение взаимосвязи между компонентами ландшафта с помощью статистических методов и информационно-логического анализа. Элементы бассейнов выделены по методике [2]. Исходные материалы: топографические карты м-ба 1:25 000, подготовленные с помощью программы SAS-Planet, космические снимки (спутники ДЗЗ SPOT-6 и ResursP 14.08.2014 и 27.09.2014) с разрешением до 1,5 м. Обработка материала, анализ данных проведены на базе современной ГИС MapInfo Professional. Составлены цифровые карты рельефа, растительности, гидрографической сети, бассейнов рек и элементов их структуры. Для характеристики почвенного покрова использованы данные автора за 2009–2014 гг. (88 почвенных разрезов) [4, 5, 13, 14].

Статистическая обработка проведена в программах Microsoft Excel и STATISTICA 8. Использование только статистических методов ограничивает возможности исследования. Состояние растительного и почвенного покровов обусловлено множеством факторов, а для многофакторных явлений более перспективно применение информационно-логического анализа (ИЛА) [15–17]. Первая попытка применения ИЛА к выявлению связей структуры почвенного покрова с главнейшими типами растительности лесостепи была сделана В.М. Фридландом и Е.К. Дайнеко [18].

В основу метода ИЛА положено представление об измеряемости информации, которая передается изучаемому явлению от факторов, и оценка силы связи между признаками путем сравнения априорной вероятности (всей выборки) с условными вероятностями (каждого из факторов). Степень связи между явлением и фактором определяется показателями: T (информативность, бит), K (коэффициент эффективности каналов связи). Основные понятия теории информации: A — явление (процесс), зависимая величина Y ; B — фактор (аргумент), независимая переменная X ; $H(A)$ — неопределенность изучаемого явления (максимальной неопределенности оно достигает при равной вероятности всех его состояний, единица неопределенности — бит); $H(B)$ — неопределенность фактора; $T(A/B)$ — общая информативность, т. е. количество информации, поступающей от фактора B к явлению A (бит); $K(A/B)$ — коэффициент эффективности передачи информации от фактора B к явлению A .

При анализе связей с помощью информационных показателей учитывали следующие характеристики: ландшафтные (абс. высота над ур. моря <300 м, 300–500, 500–700, 700–900, >900 м), крутизна склонов (<3°, 3–5, 5–10, 10–20, >20°), экспозиция склона (северная, восточная, западная, южная); элементы структуры водосборных бассейнов (речные долины, склоновые поверхности, водосборные воронки, фанды и дуги); тип растительности (лесная, кустарниковая, травянистая, болотная); высотные пояса (горно-лесной, подгольцовый, гольцовый); типы почв (дифференциация почвенного покрова на уровне типа проведена по классификации почв России [19]); растительный покров, представленный растительными формациями, согласно карте растительности Государственного заповедника «Басеги» [20] (еловые, пихтово-еловые, березово-еловые и березово-пихтовые, березовые леса, мелколесья, луга, мезотрофные осоково-сфагновые болота, еловый хвощово-сфагновый лес, лишайниковая тундра, курумы).

Для определения степени зависимости растительного сообщества и типа почв от крутизны, экспозиции склона, абсолютной высоты местности и элементов структуры водосборных бассейнов малых рек проведено их ранжирование и составлены таблицы абсолютной встречаемости сочетаний различных признаков рельефа и растительного, почвенного покровов, а затем рассчитана матрица оценок

вероятности сочетаний разных состояний. Выявленные взаимосвязи послужили основой для составления картографической модели почвенного покрова хр. Басеги.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тип и интенсивность ландшафтообразующих процессов в конкретных водосборах сопряжены с общим характером геоморфологического строения рельефа. При использовании модуля геоанализа MapInfo Vertical Mapper 3.0 составлен геоморфологический профиль хребта и определены морфометрические показатели: протяженность более 20 000 м, крутизна склонов от 2,5 до >10°, вершины разделены седловинами с абсолютными высотами 550–650 м над ур. моря, для вершин характерен асимметричный профиль (пологий западный, крутой восточный склоны), склоны гор преимущественно прямые, местами ступенчатые, имеющие поверхности выравнивания; крутизна склонов снизу вверх увеличивается постепенно.

На территории заповедника протекает 18 рек: крупные — Усьва, Вильва, а также 16 малых. Выделены водосборные бассейны (ВБ) малых рек IV порядка по отношению к р. Кама. Морфологическое строение водосборных бассейнов отражается в ландшафтном рисунке. Так, в западной части от хребта формируются бассейны в форме дубового листа, в восточной — в виде лопасти. В связи с этим исследования проводили с учетом экспозиции склонов хребта.

Морфометрические характеристики водосборных бассейнов рек достоверно различаются в зависимости от экспозиции склонов хребта (табл. 1). При этом есть показатели, которые слабо зависят от экспозиции склона: общий периметр бассейнов, протяженность рек, средняя ширина водосбора.

Выделены элементы структуры бассейнов: речные русла, внутренняя долина, склоновые поверхности водосбора, водосборные воронки, водораздельная часть, представленная фандами (нижняя часть водораздела) и соединяющими их дугами (верхняя часть водораздела). Установлено, что средние площади элементов бассейнов различаются в зависимости от экспозиции склона (табл. 2). В пересчете на долевое участие элементов структуры бассейнов рек получены следующие соотношения (внутренняя долина — водосборная воронка — склоновые поверхности водосбора — фанды, дуги): на западном склоне 1–0,4–9,5–7,3; на восточном — 1–0,2–7,8–10,2. Это свидетельствует о большой степени выработанности продольного профиля бассейнов рек западной экспозиции. Общее строение рельефа и структуры водосборных бассейнов с различной энергетикой геоморфологических процессов определяются асимметрией склонов хребта.

Таблица 1

Статистическая характеристика морфометрических показателей бассейнов малых рек в пределах хребта Басеги на Среднем Урале (достоверность различий на уровне $p < 0,05$)

Показатель	Число выбор- ки	Сред- нее	Меди- ана	Сумма	Мини- мум	Мак- симум	Дис- персия	Стан- дартное откло- нение	Ошибка стандарт- ного от- клонения	Кэф- фициент вариаци- и
<i>Западный склон</i>										
Площадь бассейна, км ²	10	46,9	36,9	469,3	10,7	123,0	1323,8	36,3	11,5	77
Общий периметр бассейна, км	10	35,6	30,9	356,2	15,2	66,3	260,9	16,1	5,1	45
Протяженность реки (в плане), км	10	11,5	9,0	115,6	4,3	27,6	56,7	7,5	2,3	65
Средняя ширина водосбора, км	10	3,9	3,8	39,4	2,0	6,4	2,7	1,5	0,4	39
Коэффициент вытянутости водо- сбора, км	10	3,1	2,6	31,6	0,8	6,2	3,6	1,9	0,6	60
Общая длина рек бассейна, км	10	27,9	22,5	279,1	7,6	65,0	378,9	19,4	6,1	70
Густота речной сети, км/км ²	10	0,6	0,6	6,2	0,4	0,7	0,1	0,1	0,1	16
<i>Восточный склон</i>										
Площадь бассейна, км ²	6	58,1	52,9	349,1	7,6	121,7	1778,3	42,1	17,2	73
Общий периметр бассейна, км	6	35,8	32,2	215,3	13,1	58,5	347,3	18,6	7,6	52
Протяженность реки (в плане), км	6	12,4	12,0	74,5	2,1	22,0	62,5	7,9	3,2	64
Средняя ширина водосбора, км	6	4,4	4,2	26,6	3,5	5,9	0,7	0,8	0,3	19
Коэффициент вытянутости водо- сбора, км	6	2,7	2,7	16,4	0,6	5,4	2,9	1,7	0,7	63
Общая длина рек бассейна, км	6	18,6	17,6	112,0	2,1	33,8	146,9	12,1	4,9	65
Густота речной сети, км/км ²	6	0,3	0,3	1,9	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	14

Таблица 2

Статистические показатели распределения площадей элементов структурной организации бассейнов малых рек

Структурные элементы бассейнов	Среднее	Медиана	Сумма	Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение	Ошибка стандартного отклонения	Коэффициент вариации
<i>Западный склон (n = 10)</i>									
Внутренняя долина	3,7	3,7	30,0	0,5	5,6	3,3	1,8	0,5	61
Водосборная воронка	1,1	1,0	11,3	0,3	3,1	0,6	0,8	0,2	72
Склоновая поверхность	28,5	17,8	285,8	3,4	61,8	438,3	20,9	6,6	73
Фанды, дуги	21,7	17,4	217,2	3,7	54,4	216,9	14,7	4,6	69
<i>Восточный склон (n = 6)</i>									
Внутренняя долина	3,0	2,2	18,2	1,0	6,5	5,0	2,2	0,9	74
Водосборная воронка	0,6	0,6	3,7	0,1	1,3	0,2	0,4	0,1	81
Склоновая поверхность	23,6	24,7	141,8	2,3	44,9	254,2	15,9	6,5	68
Фанды, дуги	30,6	26,1	183,8	4,2	69,7	573,7	23,9	9,7	78

Примечание. n — число выборки.

Таким образом, пространственно-временное проявление эрозионно-аккумулятивных процессов, условия формирования жидкого и твердого стоков в бассейнах рек существенно отличаются для склонов хр. Басеги. Ландшафтный рисунок и морфометрические характеристики бассейнов рек указывают на различную интенсивность процессов разрушения горного массива в западной и восточной частях хребта, что напрямую зависит от гидротермических условий склонов. Поскольку западные и северо-западные склоны получают больше влаги, чем восточные, то на западных склонах хребта проявляется активное бассейнообразование, выражающееся в большей площади склоновых поверхностей бассейнов.

Экспозиционные различия склонов накладываются на высотно-зональные закономерности развития горных геосистем, что создает дифференцированную структуру ландшафтов. В связи с большей энергией рельефа общее изменение его структуры определяет особенности рельефно-субстратной основы в пределах конкретных водосборов и пространственное распределение отдельных выделов, испытывающих значительное сужение и изменение вилки вертикального распределения поясов растительности, и в результате приводит к «деформации» структуры сложившейся высотной поясности почвенно-растительного покрова на склоновых поверхностях водосборных бассейнов.

При совмещении карт растительного покрова и элементов структуры бассейнов рек наблюдается смена растительных формаций в зависимости от приоритетных факторов образования. Определена информационно-логическая связь ($T = 0,30$) растительных сообществ с положением на элементах структуры бассейна (табл. 3), которые характеризуются различным составом преобладающей растительности. Доказана достоверная связь между растительными формациями и элементами структуры бассейнов рек на склонах западной экспозиции. На восточных склонах такая зависимость не подтверждается.

С помощью информационно-логического анализа установлена теснота связи между растительными формациями и морфометрическими характеристиками рельефа (крутизна, экспозиция склонов, высота местности).

Высотная поясность представляет собой закономерное отражение пространственной дифференциации ландшафтов. Эта связь имеет наибольшую информативность (0,43 бит) и максимальный коэффициент эффективности канала связи (0,20). Границы существования конкретного растительного сообщества в определенных условиях высоты достаточно размыты, но для каждой растительной формации выделяется наиболее благоприятный интервал высот для ее развития. Наиболее неприхотливы елово-пихтовые леса (подни-

Таблица 3

Степень связи между условиями рельефа и произрастанием растительных сообществ

Условия рельефа (фактор В)	Растительные сообщества (явление А)			
	Н(А)	Н(В)	T(А/В)	K(А/В)
Высота над уровнем моря	2,84	2,13	0,43	0,20
Крутизна	2,84	1,95	0,35	0,18
Экспозиция	2,84	1,68	0,22	0,13
Элементы водосборного бассейна	3,56	1,95	0,30	0,15

Примечание. Н(А), Н(В), T(А/В), K(А/В) — см. текст.

маются по склонам до 750–800 м над ур. моря). Луговые растительные сообщества и березово-еловые криволесья более всего стремятся к высотам 500–700 м над ур. моря и выположенным поверхностям. В целом максимально благоприятна для развития растительности высота 300–500 м над ур. моря.

Общая информативность связи растительного сообщества с фактором крутизны склонов хребта составила 0,35 бит. Максимальная степень разнообразия (варьирования) растительных формаций характерна для частей склонов с крутизной 3–5°. Наименьшая степень неопределенности свойственна более крутым участкам склона хребта.

Установлена тесная связь между экспозицией склонов хребта и растительными формациями ($T = 0,22$; $K = 0,28$). Условная вероятность фактора экспозиции является наибольшей для восточных и западных склонов, а наименьшей — для южной экспозиции. Эта достоверная взаимосвязь позволяет утверждать, что разные типы еловых лесов в большей степени тяготеют к склонам западной экспозиции, с меньшей крутизной и большей увлажненностью. Луга нередко расположены на склонах восточной и южной экспозиции, болотные растительные формации в большей мере формируются на склонах западной и восточной экспозиции, а березово-еловые и березовые криволесья приурочены также к склонам восточной и западной экспозиции.

Таким образом, с помощью информационно-логического анализа установлена степень влияния рельефа на условия произрастания различных растительных формаций. Однако роль параметров рельефа не одинакова. По значимости (в возрастающем порядке) рассмотренные параметры образуют следующий ряд: экспозиция склонов < элементы структуры бассейнов рек < крутизна склонов < высота местности над уровнем моря.

Почвенный покров также контролируется морфометрическими характеристиками рельефа. Подтипы почв, представленные единичными ареалами и(или) занимающие площадь <1 %, исключены из анализа из-за недостаточности выборки и малой суммарной площади. Например, в тундровых ландшафтах почвенный покров в основном фрагментарный и представлен петроземами, подбурами, ли-

Таблица 4

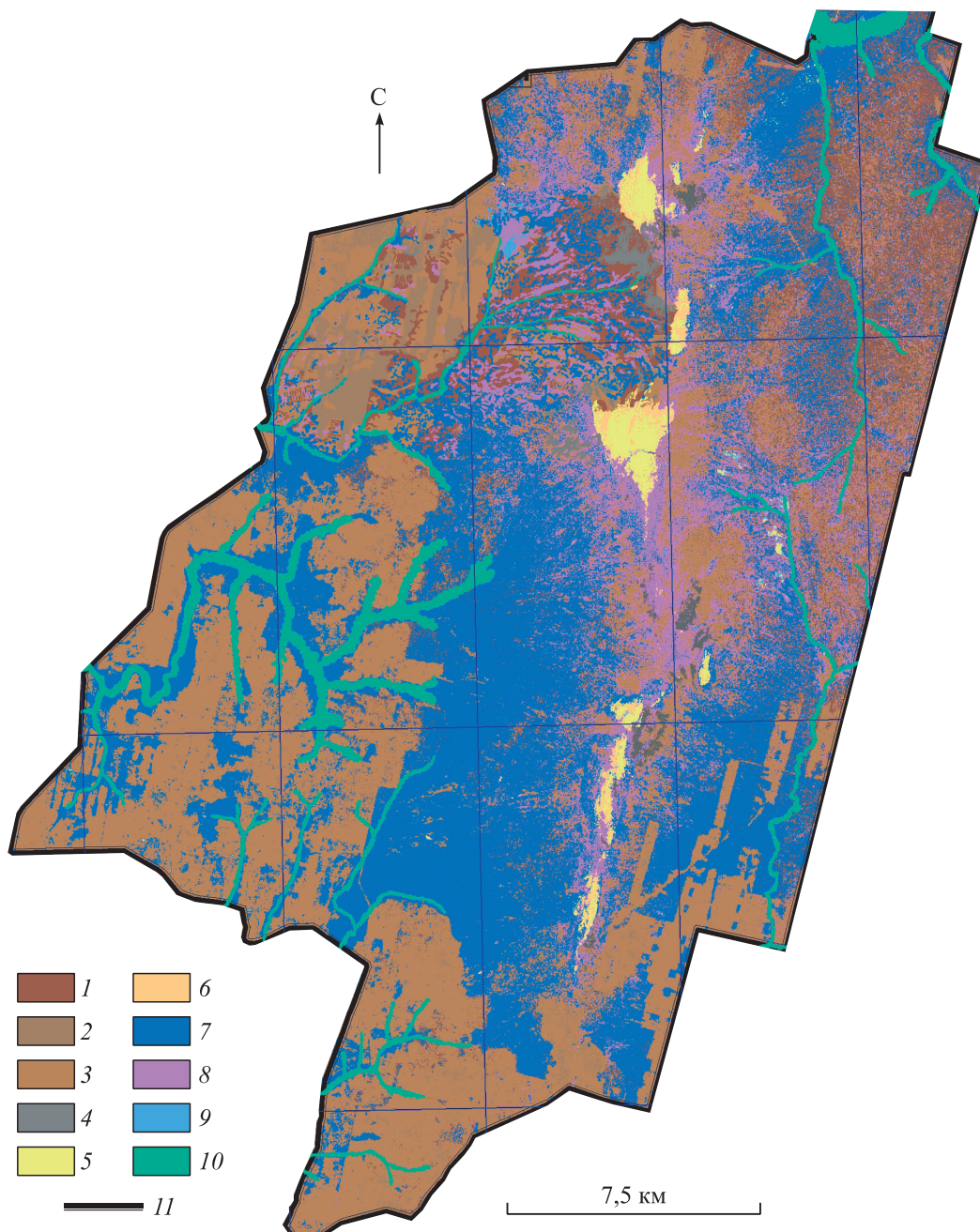
Почвы Государственного заповедника «Басеги», соответствующие элементам структуры водосборных бассейнов рек и высотно-растительным поясам хребта

Код почвы	Отдел	Тип
<i>Водораздельная часть бассейнов, тундровый пояс, 800–950 м над ур. моря</i>		
5	Слаборазвитые и альфегумусовые	Петроземы гумусовые и подбуры
6	Литоземы	Литоземы сухоторфяные, грубогумусовые, темногумусовые
<i>Водораздельная часть бассейнов, подгольцовый пояс (березово-еловые, березовые леса, луга), 550–800 м над ур. моря</i>		
1	Структурно-метаморфические	Буроземы темногумусовые
2		Буроземы
4	Органо-аккумулятивные	Серогумусовые
6	Литоземы	Литоземы темногумусовые
<i>Водосборные воронки, подгольцовый пояс (болотные растительные сообщества), 510–530 м над ур. моря</i>		
8	Глеевые	Глееземы
7		Перегнойно-глеевые
9	Торфяные	Торфяные олиготрофные глеевые
3	Структурно-метаморфические	Буроземы грубогумусовые
<i>Склоновые поверхности бассейнов ниже водосборных воронок, парковое редколесье и горно-таежный пояс (елово-пихтовые, березово-пихтовые, еловые леса), 450–650 м над ур. моря</i>		
1	Структурно-метаморфические	Буроземы
3		Буроземы грубогумусовые
8	Глеевые	Глееземы
7		Перегнойно-глеевые
6	Литоземы	Литоземы перегнойные, глееватые
<i>Внутренняя долина рек, горно-таежный пояс (елово-пихтовые, еловые леса), 300–450 м над ур. моря</i>		
3	Структурно-метаморфические	Буроземы грубогумусовые
2		Буроземы
7	Глеевые	Перегнойно-глеевые
8		Глееземы
10	Аллювиальные	Аллювиальные гумусовые глеевые

тоземами (сухоторфяными, грубогумусовыми, серогумусовыми), которые объединены в один ареал (код почв на карте — 5).

На основании обобщенного пространственного анализа с учетом индикационных связей «высотные ландшафты—типы почв» и данных по почвам проведено геомоделирование почвенного покрова и создан авторский вариант почвенной карты (см. рисунок). Согласно полученной картографической модели, в составе почвенного покрова хр. Басеги до 800 м над ур. моря преобладают буроземы, представляющие собой широко распространенный тип почв, причем в разных высотных ландшафтах.

Для выявления взаимосвязи между вертикальными и горизонтальными геосистемами определен почвенный покров, соответствующий элементам структуры водосборных бассейнов рек и высотно-растительным поясам хр. Басеги (табл. 4).



Почвенная карта ФГБУ «Государственный заповедник “Басеги”».

I–10 — см. табл. 4. *II* — граница заповедника.

Так, горно-тундровый пояс занимает наиболее высокую часть хребта, соответствующую водораздельной части бассейнов рек (дуги), покрытой тундровой растительностью и курумниками на темно-гумусовых почвах, литоземах, а также петроземах и дерново-подбурах.

Подгольцовый пояс (березово-пихтовые и березово-еловые криволесья, луга) расположен в нижней части водораздельной территории хребта (фанды), что выше водосборных воронок, где под хвойно-лиственными лесами формируются буроземы, а под луговой растительностью на слабонаклоненных террасах — серогумусовые почвы и литоземы. В центре водосборных воронок, где происходит накопление влаги, стекающей с вышележащих склонов, под осоково-сфагновой растительностью болотной формации образуются торфяные олиготрофные глеевые почвы, а на периферии болотных сообществ, под еловыми лесами — глееземы ожелезненные, перегнойно-глеевые грубогумусированные, буроземы грубогумусовые. Ниже водосборных воронок (энергетических зон), на склоновых поверхностях бассейнов рек под пихтово-еловыми и еловыми лесами образуются буроземы грубогумусовые и глееватые в сочетании с глееземами, перегнойно-глеевыми и литоземами (глееватыми, перегнойными).

Горно-таежный пояс соотносится с нижними частями склоновых поверхностей, где развиваются еловые и елово-пихтовые леса на буроземах, глееземах, перегнойно-глеевых почвах, а также с внутренней долиной рек, где формируются аллювиальные гумусовые глеевые почвы.

Итак, дифференциация почвенного покрова в пространстве является результатом взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем, так как морфологические элементы водосборных бассейнов рек характеризуются различным почвенным покровом, как на уровне типов почв, так и на уровне отделов. Установлено, что в горно-таежном поясе (300–550 м над ур. моря) преобладают буроземы, образующиеся в основном на склоновых поверхностях бассейнов рек при крутизне до 3° (общая информативность $T = 0,77$ бит при $K = 0,45$). Буроземы являются зональным типом почв для горно-таежного пояса.

Максимальная величина неопределенности (степень варьирования) состояния структуры почвенного покрова характерна для высоты 500–700 м над ур. моря, что соответствует переходной зоне между горно-таежным и подгольцовым поясами. В пределах переходной полосы между различными типами геосистем происходит преодоление критического состояния в процессе преобразования структуры геосистем во времени. Границы экотонных в этой зоне отличаются повышенной мобильностью, что наглядно проявляется в быстрой экспансии тех или иных контактирующих геосистем (разреженные березово-еловые парковые леса, березовые криволесья, луга) при смене соотношения тепла, атмосферной влаги, рельефа, местного стока. Здесь формируются практически все диагностируемые в заповеднике типы почв следующих отделов: структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, литоземы, глеевые, торфяные.

Наличие азональных почв (глеевые, торфяные), не соответствующих высотной зональности, указывает на проявление «деформации» высотно-растительных поясов (геосистем), где нарушаются стабильные функциональные взаимосвязи между компонентами ландшафта. Дело в том, что на этой высоте формируется система водосборных воронок (энергетических зон) бассейнов рек, к которым и приурочены азональные почвы.

Выше истоков ручьев, притоков, водосборных воронок действие вертикально организованной геосистемы (водосборные бассейны) ослабевает, и проявляются биоклиматогенные закономерности формирования высотной поясности: подгольцовый пояс, представленный субальпийскими лугами, парковыми лесами и криволесьями. Эти высотные ландшафты территориально приурочены к нижней части водораздельной области (фандам) на высоте 600–750 м над ур. моря при крутизне до 5°, где в автономных элементарных ландшафтах идет образование серогумусовых органо-аккумулятивных почв в сочетании с литоземами и буроземами. На высоте 700–800 м над ур. моря преобладают типы почв, относящиеся к отделам «литоземы» и «альфегумусовые» и формирующиеся в березовом криволесье. Кроме того, на этой же высоте на луговых полянах среди криволесья на склонах южной и восточной экспозиций создаются благоприятные условия для генезиса буроземов темногумусовых и глинисто-иллювирированных. На высоте более 800 м над ур. моря (дуги водораздела) начинается тундровый (гольцовый) пояс с преобладанием комбинаций из литоземов, слаборазвитых и альфегумусовых почв. Выше 900 м над ур. моря, в более суровых климатических условиях, формируются короткопрофильные маломощные почвы (петроземы, литоземы).

Таким образом, роль водосборных бассейнов малых рек хр. Басеги проявляется в формировании как сублитоморфных (выше энергетических зон), так и субгидроморфных (ниже энергетических зон) разновидностей почв и растительности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы хр. Басеги сохранены в нативном виде и являются эталонными для всего комплекса почв горно-лесной зоны Среднеуральской горной страны. В труднодоступных районах сложность изучения почвенного покрова состоит в том, что проблематично предсказать тип почвы, не опираясь на конкретные количественные и качественные данные полевых измерений. Изучение дифференциации почвенного покрова и состава растительности позволяет выявить их закономерно организованные ассоциации, соизмеримые с представлениями о геосистемах. Благодаря совместному использованию бассейнового подхода и ГИС-технологий для сложных природных условий, в которых наблюдаются пестрота почвенного покрова и пространственное разнообразие сочетаний факторов почвообразования, эти проблемы можно решить с помощью интерполяции и математического моделирования при высокой точности (80–90 %).

Таким образом, естественные варианты наиболее распространенных, типичных для горных условий почв с соответствующим оригинальным почвенным покровом можно использовать в качестве эталонов для сравнительной оценки состояния почвенного покрова окружающих хребет территорий, прогнозирования направления и скорости его изменения в сравнении с уже нарушенными при антропогенном воздействии аналогами. Такие исследования могут способствовать совершенствованию методики изучения природных систем.

Результаты исследований рекомендованы для разработки и проведения экологического мониторинга, инвентаризации объектов охраны почв, Кадастра качества почв ООПТ, Экологического паспорта почв, а также для создания регионального атласа почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корытный Л.М.** Бассейновый подход в географии // География и природ. ресурсы. — 1991. — № 1. — С. 161–166.
2. **Трифорова Т.А.** Формирование почвенного покрова гор: геосистемный аспект // Почвоведение. — 1999. — № 2. — С. 174–181.
3. **Корытный Л.М.** Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 21. — С. 5–16.
4. **Самофалова И.А., Шутов П.С.** Геосистемно-бассейновый подход как основа изучения структуры почвенного покрова // Вестн. Алт. аграр. ун-та — 2017. — № 1. — С. 49–57.
5. **Самофалова И.А.** Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале // Вестн. Алт. аграр. ун-та. — 2017. — № 11 (157). — С. 105–114.
6. **Борисова И.Г.** Природные особенности горно-таежных ландшафтов Верхнего Приамурья // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 126–136.
7. **Fu G., Shen Z., Zhang X., Yu C., Zhou Y., Yang P.** Response of ecosystem respiration to experimental warming and clipping at daily time scale in an alpine meadow of Tibet // Journ. of Mountain Science. — 2013. — Vol. 10. — P. 455–463.
8. **Думов А.А., Zhangurov E.V., Hagedorn F.** Soil organic matter composition along altitudinal gradients in permafrost affected soils of the Subpolar Ural Mountains // Catena. — 2015. — Vol. 131. — P. 140–148.
9. **Спирина В.З., Раудина Т.В.** Особенности почвообразования и пространственного распространения почв высокогорных склонов Юго-Восточного Алтая // Вестн. Том. ун-та. Биология. — 2015. — № 2 (30). — С. 6–19.
10. **Кузьмин С.Б., Шаманова С.И., Казановский С.Г.** Определение высотной поясности Западного Прибайкалья на основе анализа рельефа и дендрофлоры // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 137–149.
11. **Коновалова М.Е., Кофман Г.Б., Коновалова А.Е.** Соприженность признаков рельефа и типов леса в горных условиях // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 2. — С. 177–182.
12. **Воронов Г.А., Никулин В.Ф., Акимов В.А., Баландин С.В.** Заповедник «Басеги» // Заповедники СССР. Ч. 1: Заповедники европейской части РСФСР. — М.: Мысль, 1988. — С. 248–264.
13. **Samofalova I.A., Rogova O.B., Luzyanina O.A.** Diagnostics of soils of different altitudinal vegetation belts in the Middle Urals according to group composition of iron compounds // Geography and Natural Resources. — 2016. — Vol. 1. — P. 71–78.
14. **Самофалова И.А.** Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») // Перм. аграр. вестн. — 2017. — № 3 (19). — С. 10–17.
15. **Пузаченко Ю.Т., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А.** Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. — М.: Наука, 1970. — С. 121–130.
16. **Дайнеко Е.К., Нешатаев Ю.Н.** Анализ структуры почвенного и растительного покровов Казачьей степи Центрально-черноземного заповедника им. В.В. Алехина // Структура почвенного покрова и методы ее изучения. — М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1973. — С. 170–188.

17. **Сорочкин В.М.** О применении информационно-логического метода в почвенных исследованиях // Почвоведение. — 1977. — № 9. — С. 131–142.
18. **Дайнеко Е.К., Фридланд В.М.** Опыт применения информационно-логического анализа для выяснения взаимосвязей между факторами почвообразования и некоторыми морфологическими свойствами почв // Структура почвенного покрова, почвенные комбинации, их классификация и методы изучения. — М.: Наука, 1969. — С. 56–57.
19. **Полевой** определитель почв России: Науч.-справ. издание. — М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2008. — 182 с.
20. **Баландин С.В., Ладьгин И.В.** Флора и растительность хребта Басеги: (Средний Урал). — Пермь: Изд-во Ин-та экологии растений и животных УрО РАН, 2002. — 190 с.

Поступила в редакцию 06.04.2018

После доработки 01.10.2018

Принята к публикации 19.09.2019
