



**ГРОЗНЕНСКИЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

GROZNY NATURAL SCIENCE BULLETIN

SCIENTIFIC & TECHNICAL JOURNAL

2018

Том 3

№ 3(11)

ТЕМА НОМЕРА:

**«УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ:
ГЕОЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»**

*по материалам Всероссийской научно-практической конференции
«Устойчивое развитие горных территорий:
история и предпосылки оптимизации природопользования»,
посвященной 80-летию Чеченского государственного университета*

г. Грозный, 18-20 сентября 2018 г.

**РАВНОВЕСНЫЕ И НЕРАВНОВЕСНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ПОЧВ
И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КАК ИНДИКАТОР ДИНАМИКИ
НИЗКОГОРНО-ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ
ЮЖНОГО УРАЛА**

© А. В. Хорошев, Г. М. Леонова, Д. Е. Шарова

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Для низкогорно-лесостепного ландшафта заповедника «Шайтан-тау» анализируются условия возникновения равновесных и неравновесных отношений между компонентами. Средствами дискриминантного анализа рассчитаны вероятности соответствия характеристик рельефа, химических и морфологических свойств почв типичным значениям для лесов, кустарников и степей. Степная растительность препятствует возобновлению леса в благоприятных для него позициях рельефа. Лесные и степные сообщества, захватывая нетипичные для них позиции в рельефе, способны быстро преобразовать свойства почвы.

Ключевые слова: широколиственный лес, степь, кустарники, равновесие, почва, фитоценоз, Южный Урал, «Шайтан-Тау».

Введение. При прогнозе реакций природной среды на современные изменения климата высокую информативность могут приобретать ландшафты экотонов, где случайные или направленные изменения могут переводить территорию в то или иное из нескольких возможных устойчивых состояний. Такой вид устойчивости получил название «пластичность» [3]. Граница леса и степи уже более столетия используется как традиционный объект для исследования подобных явлений. Даже при наличии направленной климатической тенденции результаты взаимоотношений леса и степи бывают неоднозначными: в условиях густорасчлененного горного рельефа тот или иной тип растительности может получать преимущества в зависимости от локальных условий увлажнения и освещения. Если исходить из гипотезы однотипности межкомпонентных отношений и повсеместного проявления единого ведущего фактора, то, например, рост увлажненности должен постепенно приводить к замещению степи лесом. Однако реальная многофакторность и полимасштабная организация ландшафта приводит к тому, что типы межкомпонентных отношений могут отличаться

в пространстве, т. е. быть пространственно неустойчивыми, нестационарными. Одна из важных фундаментальных задач ландшафтоведения состоит в том, чтобы научиться адекватно отражать варьирование видов зависимости между свойствами компонентов ландшафта и давать четкую географическую привязку ареалов распространения каждого вида зависимости. Признание полиструктурности ландшафта требует принимать во внимание, что действие морфолитогенного фактора дифференциации (геостационарных структур) может маскироваться до некоторой степени латеральными потоками вещества (проявлением геоциркуляционных структур) и биотическими отношениями (проявлением биоциркуляционных структур, контролируемых, в том числе, потоками солнечной радиации, в свою очередь перераспределяемых рельефом).

При решении вопроса о возможных смещениях границ леса и степи, помимо оценки степени зависимости фитоценозов и почв от рельефа и свойств почвообразующих пород, необходимо принимать во внимание такую важнейшую характерную черту ландшафта, как разницу в характерных временах компо-

нентов [2, 6]. Из этого следует, что при изменениях климата фитоценозы и почвы могут отреагировать с неодинаковой инерцией, а среди свойств почвы также есть более мобильные и более инертные. Это вынуждает исследователя строить не одну модель, а серию моделей – отдельно для группы свойств с разными характерными временами. Необходимо устанавливать разные типы соответствий между группами свойств. Эту задачу можно решить, определяя наиболее часто встречающиеся комбинации свойств того или иного вида урочищ (с высокой вероятностью указывающие на равновесные отношения) и, с другой стороны, – нетипичные редкие комбинации, которые могут указывать на нарушение равновесия вследствие неодинаковой скорости реакции компонентов на внешние изменения. Особым предметом исследования становится последовательность возможных изменений свойств при нарастающем воздействии какого-либо фактора [7].

Наконец, прогноз изменений границ между лесом и степью должен учитывать конкурентные отношения между жизненными формами растений. Встают вопросы: в какой степени травянистая растительность способна препятствовать экспансии древесной в благоприятных для последней условиях, и наоборот, возникают ли особые переходные варианты фитоценозов, облегчающие экспансию одного из соседствующих типов растительности.

В нашем исследовании поставлены задачи: выявить условия возникновения равновесных и неравновесных отношений между компонентами низкогорно-лесостепного ландшафта на Южном Урале; установить ареалы приоритетной экспансии лесной либо степной растительности.

Объект, материалы и методы. Для решения поставленных задач проведено полевое исследование в Кувандыкском районе Оренбургской области на территории государственного заповедника «Шайтан-тау» (рис. 1). Заповедник располагается на юго-восточной границе ареала дуба черешчатого [4, 8], что способствует повышенной уязвимости ряда к климатическим изменениям. Район исследования по схеме физико-географического районирования

Урала [9] находится в Кураганском районе Сакмарского округа Ильменско-Сакмарской провинции лесостепной зоны. Хребет Шайтан-Тау расположен на стыке умеренно-континентального и континентального сектора подзоны северных степей [5].

В ландшафтной структуре выделяются ПТК долины реки Сакмары, низкогорных хребтов и реликтового плато меловой поверхности выравнивания. Реликты плато покрыты луговыми степями и кустарниковыми зарослями (карагана, вишня, спирея, миндаль, ракатник) на слаборазвитых чернозёмах выщелоченных и на литоземах. ПТК хребтов дифференцированы под действием экспозиционного и геологического факторов. Массивы широколиственных вязово-кленово-липово-дубовых лесов (на восточной окраине ареала дуба черешчатого) приурочены к северным и восточным склонам, к ложбинам и долинам малых временных водотоков, степи – преимущественно к склонам южной и западной экспозиций. В юго-восточной части с более высокой остепненностью и расчлененностью распространены девонские кремнистые сланцы и глинисто-кремнистые сланцы в сочетании с туфами и туффитами базальтов. Северо-западный участок, преимущественно лесной, располагается на кремнистых и глинисто-кремнистых сланцах силура.

Для Урала в целом и для района исследования в частности характерны заметные изменения климата. В северной части Южного Урала было зафиксировано потепление и гумидизация [10]. По данным ближайшей к заповеднику метеостанции, которая находится на Зилаирском плато, в Шайтан-Тау с 1960-х годов заметно увеличилось количество осадков в течение всего года [1]. Наибольшее увеличение осадков характерно для ноября-января, что способствует росту весенней влагозарядки почвы и потенциально может благоприятствовать мезофитизации степей и наступанию леса. Также для всех месяцев года за период 1970-2003 гг. характерно повышение температур воздуха, особенно с октября по апрель. За весь период метеорологических наблюдений количество осадков возросло более динамично, чем рост температуры воздуха [1]. Так, на исследуемой территории



Рис. 1. Расположение государственного заповедника «Шайтан-тау»

происходит потепление и увеличение атмосферного увлажнения.

Материалом для исследования послужили 144 комплексных ландшафтных описания. 96 из них обеспечены данными химических анализов почв на содержание органического углерода, гигроскопической влажности, pH водного, валового содержания микроэлементов (полуколичественный спектральный анализ), содержания обменных форм макроэлементов. Цифровая модель рельефа (ЦМР) построена в программе SAGA методом простого кригинга (Ordinary Kriging) с разрешением 25 м на основе топографической карты масштаба 1:100000

с сечением горизонталей 20 м. Морфометрические показатели рельефа рассчитаны по ЦМР в программе SAGA с помощью модуля Terrain Analysis для выявления экологических ниш степного, кустарникового и лесного типов растительности. Выбран ряд показателей, характеризующих три группы процессов: латеральный перенос вещества в гравитационном поле в локальных окрестностях элемента ЦМР (крутизна склонов, вертикальная и горизонтальная кривизны, индекс конвергенции), перераспределение вещества в региональных условиях (топографический индекс положения (ТПИ) в окрестностях от 100 до 15000 м (ТПИ), водо-

сборная площадь, топографический индекс влажности, эрозионный потенциал рельефа, превышение над водотоком) и потенциальная теплообеспеченность в инсоляционном поле (доза солнечной радиации, продолжительность освещенности, экспозиция склонов).

Для статистической обработки данных использовалась программа Statistica 7.0. В качестве основного метода использован дискриминантный анализ. Модель описывает зависимость распространения лесных, кустарниковых и степных сообществ в низкогорно-лесостепном ландшафте от положения в разных типах ландшафтных структур: геодинамической (с использованием морфометрических показателей рельефа, характеризующих аккумуляцию и рассеяние стока), геостационарной (с использованием показателей расчлененности, характеризующих морфологические и генетические свойства рельефа и пород) и биоциркуляционной (с использованием показателей, характеризующих перераспределение солнечной радиации рельефом). Анализировалось наличие почвенно-фитоценологических признаков, индицирующих наступление или отступление лесных сообществ на участках, которые с высокой вероятностью соответствуют экологической нише лесов. Основное внимание уделялось объяснению причин ситуаций, когда типичная для степи почва встречается под лесными фитоценозами, и наоборот, когда наблюдается совместная встречаемость лесных и степных признаков в почвах при степном фитоценозе и т.п.

Исходя из полевых наблюдений, определена принадлежность фаций к типам растительности (степному, кустарниковому и лесному), которые использованы как группирующая переменная в дискриминантном анализе. Далее средствами дискриминантного анализа определялась вероятность того, что морфологические, химические свойства почв, рельеф типичны или нетипичны для данного типа растительности. Метод прямого пошагового выбора при $F=1$ позволил отсеять незначимые признаки рельефа и почв и включить в модель только те из них, которые достоверно различаются под тремя основными типами растительности.

Проверены гипотезы, что для каждого типа растительности существует своеобразное, присущее только ему, сочетание: а) морфометрических признаков рельефа, б) концентраций макро- и микроэлементов в гумусовом горизонте почв, в) цветовых признаков (Hue, Value, Chroma) почвенного профиля по шкале Манселла до глубины 50 см с измерениями через каждые 5 см. Для каждого варианта рассчитывалась вероятность соответствия каждой описанной в поле фации типичным признакам для каждого из трех типов растительности. Вероятность того, что рельеф соответствует типичным характеристикам, при которых встречается каждый тип растительности, рассматривалась как степень благоприятности рельефа для данного типа растительности. По значениям вероятности рассчитывались меры неопределенности классификационной принадлежности по формуле Шеннона: чем ближе неопределенность к 0, тем лучше свойства фации соответствуют типичным для данного типа растительности.

На следующем этапе проводилась проверка гипотезы, что при росте/снижении благоприятности рельефа (вероятности соответствия типичным характеристикам для данного типа растительности) параллельно происходит рост/снижение вероятности того, что химические и морфологические свойства почв соответствуют типичным для данного и других типов растительности. Для выявления наиболее характерных отличительных признаков лесных и степных почв проводилось сравнение абсолютных содержаний макро- и микроэлементов, типов распределения в почвенном профиле по коэффициентам радиальной дифференциации, кларков концентрации (накопление или рассеяние относительно средних содержаний в земной коре).

Результаты и обсуждение. По результатам дискриминантного анализа было установлено, что ареал лесов строго приурочен к участкам с комбинациями следующих характеристик: большие водосборные площади (не менее 16000 м²), низкие значения ТРП в радиусе 400 м, небольшое превышение над тальвегом, склоны северной экспозиции. Леса преобладают, если местообитание не более чем на 5-20 м

превышает среднюю высоту окрестности в радиусе 400 м; для степей и кустарников этот показатель составляет 30-50 м. Исключительно степной тип растительности встречается при уклонах 7-13° и на участках с низким эрозионным потенциалом. Таким образом, определены территории с наиболее высокой устойчивостью, соответственно, лесов и степей при климатических изменениях. Во всех остальных случаях возможно существование и степных, и кустарниковых, и лесных сообществ, что определяет область наиболее вероятных смен типов растительности в условиях меняющегося климата.

Была построена дискриминантная модель (прямой пошаговый выбор при $F=1$), отображающая специфичность химических свойств почв для каждого типа растительности. В нее вошли следующие химические свойства почв: органический С, рН, подвижный Р, подвижный К, валовые содержания Ag, Cu, Sc, Li, Ni, Cr, Ga. Доля корректно классифицированных фаций, обеспеченных полевыми описаниями, составила 75%, коэффициент Wilks' Lambda = 0.398. Корректность классификации (совпадение наблюдаемых типов растительности с предсказанными по модели) составила 79% для степей, 79% – для лесов, 60% – для кустарников (т.е. наименьшее своеобразие по химическим свойствам). Установлены следующие характерные химические признаки почв для основных типов растительности. Для серых лесных почв под широколиственными лесами характерен аккумулятивный тип распределения по почвенному профилю органического углерода, подвижного К и Р, обменного Са и К, Sr, Ba, Mn, Be; литогенный тип радиального распределения (с максимумом в нижних иллювиальных горизонтах) характерен для Cr, Mo. Почвы под лесами отличаются повышенным содержанием Sr, Ba, Ag, Be, Y, Zr, Nb, Ca, P, K, а также более высоким рН (6,1-6,3), чем в почвах под кустарниками и степями (5,8-6,1). Степные почвы отличаются повышенным содержанием Li, V, Ga, а почвы под кустарниками – Mn, Ni, Cu. Для степных почв характерен аккумулятивный тип распределения по почвенному профилю С (4-6%) и К, Mn, Zn, P, Y, Yb; литогенный (с постепенным увеличением

вниз) тип распределения – рН, Са, Mg, Na, Cr.

По цветовым характеристикам почвы степей, кустарников и лесов лучше различаются с учетом нижних горизонтов, особенно степные и кустарниковые. Своеобразие лесных почв в нижних горизонтах несколько снижается. Почвы под кустарниками наименее своеобразны по цвету; с равной вероятностью могут больше соответствовать лесным и степным. Лесные почвы наиболее своеобразны по цвету за счет более четкой дифференциации яркости (Value) и цветности (Chroma) верхних и нижних горизонтов. Степные почвы тоже обычно четко дифференцированы по цвету, но гумусированность верхних горизонтов, отражающаяся в значениях Value, меньше.

С учетом зависимости ареалов типов растительности от морфометрических характеристик рельефа установлено следующее. При повышении вероятности того, что при имеющихся условиях рельефа встретится степь, наблюдаются снижение концентрации С, К, Р, Mn, Ag, Zn, Zr, Nb, В. При повышении вероятности того, что при имеющихся условиях рельефа встретится лес, наблюдаются повышенные концентрации Р подвижного, Y, La, Zr, Nb, В, а также повышенный рН.

На сильнорасчлененных выпуклых поверхностях при высоком эрозионном факторе почвы с большей вероятностью соответствуют кустарниковым и с меньшей вероятностью – лесным. Чем меньше расчлененность и выпуклость и больше вогнутость, чем ближе к водотокам, тем с большей вероятностью почвы под степными сообществами имеют признаки, соответствующие лесным почвам.

Для кустарниковых и лесных сообществ морфометрические показатели рельефа не позволяют объяснить причины роста или снижения вероятности того, что почвы имеют признаки, типичные для степей, лесов или кустарников.

На плато и на склонах достаточно часто встречаются ситуации, когда под лесами встречаются почвы, по химическому составу близкие к степным, особенно при сомкнутости крон менее 0,3. На гребнях, склонах, в ложбинах под кустарниковой растительностью бывают почвы, по химическому составу близкие к

степным. На плато и – чаще – на склонах под кустарниками бывают почвы, по химическому составу близкие к лесным. В целом почвы под кустарниками обладают гораздо меньшим своеобразием, чем почвы под степями или лесами, что свидетельствует о неполной самостоятельности кустарникового типа растительности; скорее всего, он является переходным вариантом между двумя господствующими типами.

В связи с этим встает ряд вопросов. Свидетельствуют ли кустарники о повышении увлажнения и постепенном формировании условий, подготавливающих экспансию леса? Или кустарники занимают позиции, где лес по тем или иным причинам отступил, и это разновидность остепнения? Предшествует ли изменение химических свойств (более мобильных) изменению морфологических свойств при смещении границ типов растительности? Являются ли степные свойства почв и растительности менее конкурентоспособными в «лесных» позициях рельефа при отсутствии там леса?

Если кустарники занимают позиции в рельефе, обычно свойственные степям, то по химическому составу гумусовых горизонтов почвы также больше соответствуют типичным для степей, при этом реже встречаются высокие обилия караганы, вишни, раkitника. Однако морфологические признаки почв (цветовая гамма профиля) при этом необязательно соответствуют типичным для степей. Если же кустарники занимают позиции в рельефе, свойственные обычно лесам, то и химические свойства почв ближе к лесным. В то же время если кустарники занимают «лесные» позиции, то морфологические свойства почв ближе к степным.

Если допустить, что морфологические свойства почв более инертны, чем химические, то сохранение степных морфологических свойств под кустарниками при уже измененных химических свойствах свидетельствует о том, что по каким-то причинам в свое время степь заняла несвойственные ей позиции (после пожаров, в результате периода иссушения и др.), сформировала степные почвы, но при распространении кустарников химические свойства начали приближаться к лесным. Наиболее вероятный механизм – большее накопле-

ние снега в вогнутых позициях, благоприятных для лесов.

Наши результаты показывают, что даже если лес занимает несвойственные ему позиции в рельефе, то химические и морфологические свойства всё равно с высокой вероятностью соответствуют лесным и с очень низкой – степным. Исключения могут составлять отдельные урочища на плато, по морфологическим свойствам – иногда также на склонах. Аналогично, даже если степь занимает несвойственные ей позиции в рельефе, то химические и морфологические свойства всё равно с высокой вероятностью соответствуют степным и с очень низкой – лесным. Отсюда следует, что, захватывая несвойственные им геоморфологические позиции, как степные, так и лесные сообщества способны быстро преобразовать почвы. При этом оказалось, что на плато под степными сообществами наличие морфологических признаков, обычно свойственных лесам, сопровождается и специфическими химическими признаками. На склонах эта закономерность не подтверждается. Вероятно, на водораздельных плато инертность почв после захвата лесных местообитаний степями выше, чем на склонах; однако этот вопрос требует более глубокого исследования.

Инсоляционные признаки частично позволяют объяснить случаи несоответствия почв и фитоценозов. Так, при восточных экспозициях уменьшается вероятность того, что под степями почвы будут иметь лесные признаки. При западных экспозициях наоборот растет вероятность обнаружения признаков лесных почв под степями. Это может свидетельствовать о большей устойчивости степей на склонах восточной экспозиции и равновесных отношениях фитоценозов и почв. На западных склонах, видимо, чаще случаются случайные смены лесной и степной растительности (проявление пластичности); при этом степная растительность обладает большей конкурентоспособностью, особенно после пожаров.

Рост продолжительности инсоляции (гребни, плато) благоприятствует равновесности отношений между степными фитоценозами и почвами. Для лесов и кустарников такой зависимости не обнаружено.

Особый интерес представляет вопрос о способности фитоценоза активизировать процессы, трансформирующие почвы.

В лесных сообществах большое обилие липы, березы в первом ярусе, липы и вяза в подросте индицирует наличие почв, типичных для лесов. В то же время абсолютное преобладание в древостое дуба и/или обильный подрост осины может свидетельствовать о наличии в почвах признаков, характерных для степей или кустарников. Нетипичность химических признаков для почв под лесами обычно заключается в пониженном содержании P, Sr, V, Ni, Ag, Mo, повышенном содержании Sc. Если под лесами цветковые признаки ближе к степным почвам, то подрост дуба может быть обильным, а подрост осины и березы редок или отсутствует; при этом повышена доля трав-ксерофитов. Это свидетельствует о большей способности дуба захватывать ксерофильные местообитания, в то время как для осины и березы требуется повышенное увлажнение водосборных понижений. Из этого можно заключить, что при наступлении чистых дубрав на безлесные участки почвы некоторое время сохраняют инертность, а этап роста разнообразия древесных пород соответствует развитию полноценных лесных почв. В то же время описанный факт указывает на возможность конкурентных отношений степи с дубравами (периодических взаимных смен, преимущественно на плато и в водосборных понижениях в их краевых частях), но не с многопородными широколиственными лесами: последние формируются в позициях рельефа недоступных для степей – северных склонах, вогнутых позициях в нижних частях склонов других экспозиций, в лощинах. При сомкнутости крон в интервале 0,3-0,5 парковые дубравы и редколесья могут делить одни и те же позиции рельефа со степями и кустарниками. Сомкнутость более 0,5 возможна только в типично «лесных» позициях рельефа, где лес становится многопородным. Осинная поросль наиболее часто является «первопроходцем» наступления леса или возобновления

леса после пожаров. Наиболее успешно это происходит в слабоогнутых водосборных понижениях в краевых частях плато. На выпуклых участках нижних частей склонов после пожара степная растительность способна быстро захватить пространство и исключить возобновление дуба даже в типичных для него условиях рельефа; при этом наблюдается несоответствие почв и фитоценоза. На участках, где латеральный приток влаги и снегонакопление достаточны для произрастания лесной растительности, относительно успешно возобновление дуба после пожаров может происходить только при сохранности хотя бы редколесного сообщества и затенения.

Выводы. В низкогорно-лесостепном ландшафте Южного Урала возможны разнообразные варианты несоответствий между лесными и степными фитоценозами и почвами. Лесные и степные сообщества, захватывая нетипичные для себя позиции в рельефе, способны быстро преобразовать свойства почвы, причем химические свойства раньше, чем морфологические. Кустарники не имеют своеобразного, присущего только им, сочетания свойств рельефа и почв. Поэтому они рассматриваются как промежуточный экотонный тип растительности между лесами и степями и возможный индикатор смещения границ типов растительности под действием климатических изменений. Широколиственные леса в виде редколесных дубрав способны захватывать местоположения на плато, обычно занимаемые степями. По водосборным понижениям степная растительность не способна противостоять восстановлению лесной растительности после нарушений (обычно через стадию осиновой поросли). На крутых (не северных) склонах степная растительность, захватывающая территорию после пожаров, препятствует восстановлению лесов даже при благоприятной для лесов климатической тенденции.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-05-00447).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов Л.И., Кукарских В.В. Изменения климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала // Экология. 2008. Т. 3. С. 173-180.
2. Арманд А.Д., Таргульян В.О. Принцип дополнительности и характерное время в географии // Системные исследования. Ежегодник, 1974. М.: Наука, 1974. С. 146-153.
3. Гродзинский М.Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Известия АН СССР, серия географическая. 1987. №6. С. 5-15.
4. Кириков С.В. Где следует учредить биосферный дубравно-лесостепной заповедник // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1977. Т. 82. №. 3. С. 131-134.
5. Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1:4000000 / Ред. А. Г. Исаченко. М.: ГУГК, 1988.
6. Сысуев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения. М.: географический факультет МГУ, 2003. 175 с.
7. Хорошев А.В., Леонова Г.М. Реакции при изменении увлажнения в ландшафте Айтуарской степи (Южный Урал) // Вестник Московского университета, серия 5 география. 2015. №4. С. 95-103.
8. Чибилёв А.А. Заповедник «Шайтан-Тау» – эталон дубравной лесостепи на Южном Урале. Оренбург: Димур, 2015. 144 с.
9. Шакиров А.В. Физико-географическое районирование Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 619 с.
10. Шиятов С.Г., Мазена В.С., Мусеев П.А., Братухина М.Ю. Изменения климата и их влияние на горные экосистемы национального парка “Таганай” за последние столетия // Влияние изменений климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений. М.: WWF, 2001. С. 16-31.

**EQUILIBRIUM AND NON-EQUILIBRIUM RELATIONSHIPS
BETWEEN SOILS AND PLANT COVER AS AN INDICATOR OF DYNAMICS
OF LOW-MOUNTAINOUS FOREST-STEPPE LANDSCAPES
IN THE SOUTHERN URALS**

© A. V. Khoroshev, G. M. Leonova, D. E. Sharova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

We use the example of low-mountainous forest-steppe landscapes of the “Shaitan-tau” nature reserve to analyze conditions for equilibrium and non-equilibrium relations between components. Discriminant analysis was applied to calculate probabilities that attributes of landforms, chemical and morphological soil properties correspond to typical values for forests, shrubs, and steppes. Steppe vegetation resists to reforestation in relief conditions favorable for forests. Forest and steppe communities while expanding to non-typical landforms are able to transform soil properties quickly.

Key words: broad-leaved forest, steppe, shrubs, equilibrium, soil, phytocoenosis, Southern Urals, Shaitan-tau

REFERENCES

1. Agafonov, L. I. and Kukarskih, V. V. (2008) *Izmenenija klimata proshlogo stoletija i radial'nyj prirost sosny v stepi Juzhnogo Urala* [Changes in climate of the last century and radial increment of pine in steppes of the Southern Urals]. *Jekologija*, 3, pp. 173-180.
2. Armand, A. D., and Targul'jan, V. O. (1974) 'Princip dopolnitel'nosti i harakternoe vremja v geografii' [Principle of additivity and characteristic time in geography]. *Sistemnye issledovanija. Ezhegodnik*. Moscow: Nauka, pp. 146-153.
3. Grodzinskij, M. D. (1987) 'Ustojchivost' geosistem: teoreticheskij podhod k analizu i metody kolichestvennoj ocenki' [Stability of geosystems: theoretical approach to analysis and quantitative assessment methods]. *Izvestija AN SSSR, serija geograficheskaja*, 6, pp. 5-15.
4. Kirikov, S. V. (1977) 'Gde sleduet uchredit' biosfernyj dubravno-lesostepnoj zapovednik' [Where is it necessary to establish biosphere oak-forest-steppe reserve?]. *Bjull. MOIP. Otd. Biol.*, 82 (3), pp. 131-134.
5. Isachenko, A. G. (Ed.) (1988) *Landshaftnaja karta SSSR. Masshtab 1:4000000* [Landscape map of the USSR. Scale 1:4,000,000] Moscow: GUGK.
6. Sysuev, V. V. (2003) *Fiziko-matematicheskie osnovy landshaftovedenija* [Physical and mathematical foundations of landscape science]. Moscow: geograficheskij fakul'tet MGU, 175 p.
7. Khoroshev, A. V. and Leonova, G. M. (2015) 'Reakcii pri izmenenii uvlazhnenija v landshafte Ajtuarskoj stepi (Juzhnyj Ural) ' [Reaction to humidity changes in the landscape of Aituar steppe]. *Vestnik Moskovskogo universiteta, serija 5 geografija*, 4, pp. 95-103.
8. Chibil'jov, A. A. (2015) *Zapovednik «Shajtan-Tau» – jetalon dubravnoj lesostepi na Juzhnom Urale* [Nature reserve “Shaitan-tau” – etalon of oak forest-steppe in the Southern Urals]. Orenburg: Pечатnyj dom «Dimur», 144 p.
9. Shakirov, A. V. (2011) *Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Urala* [Physical-geographical regionalization of the Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 619 p.
10. Shijatov, S. G., Mazepa, V. S., Moiseev P.A. Bratuhina M. Ju. (2001) *Izmenenija klimata i ih vlijanie na gornye jekosistemy nacional'nogo parka “Taganaj” za poslednie stoletija* [Climate changes and their influence on mountainous ecosystems of the national park “Taganaj” during the last centuries], *Vlijanie izmenenij klimata na jekosistemy. Ohranjaemye prirodnye territorii Rossii: analiz mnogoletnih nabljudenij*. [Influence of climate changes on ecosystems. Natural protected areas on the territory of Russia: analysis of multiyear observations]. Moscow, WWF, pp. 16-31.