



005053750

На правах рукописи

Попова Наталья Валентиновна

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
ЭКОСИСТЕМ ПО ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ
НАПОЧВЕННЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ
ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ**

**Специальность 25.00.23 - физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

25 ОКТ 2012

Воронж-2012

Работа выполнена в Воронежском государственном университете

- Научный консультант:** доктор географических наук, профессор
Михно Владимир Борисович
- Официальные оппоненты:** **Чендев Юрий Георгиевич**
доктор географических наук, профессор;
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет; заведующий
кафедрой природопользования и земельного
кадастра
Карпачевский Лев Оскарович
доктор биологических наук, профессор;
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, профессор кафедры
физики и мелиорации почв
- Григорьевская Анна Яковлевна**
доктор географических наук, профессор;
Воронежский государственный университет,
профессор кафедры геоэкологии и монито-
ринга окружающей среды
- Ведущая организация:** Институт географии РАН

Защита состоится 9 ноября 2012 г. в 13-30 на заседании диссертационного совета Д 212.038.17 при Воронежском государственном университете по адресу: 394068 г. Воронеж, ул. Хользунова, 40, ауд. 303.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Воронежского государственного университета.

Автореферат разослан «02» октября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор географических наук, профессор



Куролап С.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Необходимость изучения диагностических параметров, отражающих функционирование экосистем наземного варианта ландшафтной сферы, в значительной степени обусловлена напряженной экологической обстановкой, которая имеет глобальный характер, негативно сказывается на природной среде и жизнедеятельности человека. Проявляющаяся в настоящее время регрессивная трансформация структурных элементов ландшафтной сферы, выражающаяся в сокращении био- и ландшафтного разнообразия, снижении бонитета и устойчивости природно-территориальных комплексов, ослаблении функциональных связей ландшафтов, свидетельствует об усилении негативного воздействия на ландшафтную сферу, последствия которого трудно предсказуемы.

Особую роль в установлении экологического состояния и прогнозирования развития природной среды призваны сыграть почвенные органогенные горизонты – носители скрытой информации о дифференциации, состоянии и развитии ландшафтных комплексов локального, регионального и планетарного уровней. Это позволяет использовать их в качестве индикатора ландшафтно-экологического состояния и трансформации ландшафтов наземного варианта ландшафтной сферы.

Наиболее важным аспектом индикации ландшафтной сферы является выявление тех количественных параметров почвенных органогенных горизонтов, которые наиболее достоверно позволяют провести анализ пространственной дифференциации экосистем. Однако решение этих задач затруднено вследствие слабой разработанности теоретических и методических основ учения о диагностических параметрах почвенных органогенных горизонтов, а также значительных масштабов стоящей проблемы.

На наш взгляд, выявление диагностических свойств почвенного органогенного горизонта должно стать частью комплекса методов, позволяющих решить научную проблему пространственной дифференциации экосистем и разработки практических рекомендаций по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки. Для достижения этих целей необходимо обосновать использование комплекса идентификационных признаков, позволяющих оценивать изменчивость почвенного органогенного горизонта в зависимости от аazonальных и зональных особенностей экосистем. Определение количественных параметров почвенных органогенных горизонтов с привлечением массового эмпирического материала, географических и математических методов позволит выявить закономерности формирования и территориальной дифференциации экологических ниш почвенных органогенных горизонтов, создать диагностическую шкалу параметров малого биологического круговорота, отражающую функционирование экосистем наземного варианта ландшафтной сферы. При этом типы ландшафтов должны рассматриваться как системы региональных и типологических комплексов различного таксономического ранга, не всегда связанные между со-

бой территориально, но сходные по морфологической структуре и физико-географическим процессам, характеризующиеся определённым соотношением тепла и влаги, а также соответствующими типами почв и растительности. В конечном результате это позволит осуществить индикацию современного состояния, определить направленность развития экосистем наземного варианта ландшафтной сферы и разработать практические рекомендации по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки.

Объектом исследования являются напочвенные органогенные горизонты наземного варианта ландшафтной сферы.

Предмет исследования – пространственная дифференциация и индикация состояния экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы.

Цель исследования. Разработка теоретических и методических основ изучения особенностей формирования, распределения и изменчивости напочвенного органогенного горизонта для обоснования диагностических критериев, позволяющих описать пространственную дифференциацию и провести индикацию экосистем наземного варианта ландшафтной сферы.

В соответствии с целью исследования решались следующие задачи:

- выявить и оценить информативность идентификационных признаков разных состояний напочвенного органогенного горизонта ландшафтной сферы, создать информационные базы данных с привлечением собственных материалов автора, фондовых, монографических литературных и картографических данных с учетом таких параметров, как: величина биомассы, т/га; первичная продукция, т/га; количество химических элементов в подстилке и в опаде, т/га; запасы подстилки, т/га; величина наземного опада, т/га и др.;

- разработать комплексную методику определения структурно-функциональных и диагностических свойств напочвенного органогенного горизонта наземного варианта ландшафтной сферы;

- оценить влияние почвенно-климатических и литогенных факторов на формирование и распределение напочвенных органогенных горизонтов наземного варианта ландшафтной сферы;

- изучить возможности использования данных по эколого-географическим особенностям распределения напочвенных органогенных горизонтов для выяснения пространственной дифференциации основных типов наземного варианта ландшафтной сферы методом индикации;

- провести типизацию экологических ниш напочвенного органогенного горизонта на основе оценки взаимосвязи между комплексом характеристик мощности напочвенного органогенного горизонта и почвенно-климатическими факторами;

- обосновать выбор наиболее информативных параметров напочвенных органогенных горизонтов для индикации состояния наземного варианта ландшафтной сферы и оценки устойчивости экосистем к внешним воздействиям;

- выявить эколого–географические закономерности распределения экосистем с различными типами функционирования на основе диагностических свойств напочвенных органогенных горизонтов наземного варианта ландшафтной сферы;

- на основе проведенных исследований выполнить индикацию экологического состояния экосистем и разработать практические рекомендации по оптимизации наземного варианта ландшафтной сферы.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили разработки отечественных и зарубежных авторов в области формирования напочвенных органогенных горизонтов в основных экосистемах суши. При проведении исследований использованы труды ведущих отечественных ученых по проблематике:

- механизмов участия лесной подстилки (степного войлока) в биологическом круговороте, формировании генетических горизонтов почв, плодородия почв в различных экосистемах (Базилевич, Родин, 1965; Богатырев, 1993, 1996; Глазовская, 1981, 1992; Добровольский, 1990, 2003; Карпачевский, 1983, 1994; Одум, 1975; Сапожников, 1984, 1987; Титлянова, 1995 и др.);

- оценки устойчивости экосистем к внешним воздействиям с использованием информационно-статистических и математических методов (Керженцев, 1996, 1999; Коломыц, 2003; Пузаченко, 1976, 1988; Свирижев, Логофет, 1978 и др.);

- пространственной дифференциации экосистем с различной степенью устойчивости (Кочуров, 2003; Тишков, 1978, 1988 и др.).

Среди зарубежных исследователей важное значение при изучении пространственной дифференциации экосистем по диагностическим параметрам напочвенного органогенного горизонта имели работы: Kubiena, 1995; Holling, 1973; Ovington, 1961, 1963 и др.

Фактический материал и основные методы исследований.

Диссертационная работа является итогом пятнадцатилетней научной деятельности автора. В основу работы положены собственные материалы автора, полученные в ходе многолетних исследований на Русской равнине, проводимых в рамках НИР МГОУ “Изменение ландшафтов севера Московской области в результате эксплуатации подземного водозабора для нужд Московской области”(1990-2000). В исследовании в качестве исходных материалов использованы монографии, книги, журналы и научные статьи, отчеты НИР, отраслевые и региональные программы и концепции природопользования и развития территорий, материалы международных и региональных научно-практических конференций и др., зарубежные научно-технические источники, в которых рассматриваются методологические, теоретические и практические аспекты использования параметров напочвенных органогенных горизонтов для определения типа функционирования экосистем. Данные по мощности напочвенных органогенных горизонтов для основных экосистем суши установлены по экспертным источникам ведущих научно-

исследовательских институтов (Институт леса им. Сукачева, факультет почвоведения МГУ, Красноярский институт леса СО РАН, Институт леса Карелии СО РАН, Новосибирский филиал института леса СО РАН и др.), а также получены аппроксимацией, исходя из построенных регрессионных моделей.

Данные по мощности напочвенного горизонта зарубежных территорий получены по литературным источникам (Kubiiena, Holling и др).

Автору лично принадлежат: результаты комплексного анализа ландшафтов севера Московской области в части касающейся напочвенных органогенных горизонтов, классификация почвенно-климатических, биологических и литогенных факторов, оказывающих влияние на формирование напочвенных органогенных горизонтов ландшафтов наземной части ландшафтной сферы; разработка принципов и методов выявления экологических ниш напочвенных органогенных горизонтов; шкала индикации типов функционирования экосистем; оценка и картографирование географических закономерностей распределения запасов напочвенных горизонтов, пространственной дифференциации экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов и др.

При разработке теоретико-методических основ исследования проблемы использовались методы: экспертных оценок, картографирования, географического прогноза, математические, таксономический, информационно-статистический метод оценки межкомпонентной сопряженности явления и различных факторов.

Научная новизна. В работе на обширном фактическом материале и на основе информационно-статистических и математических приемов впервые разработана концепция пространственной дифференциации экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов наземного варианта ландшафтной сферы, обоснованы теоретические и методические подходы к изучению особенностей формирования и распределения напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы как основы для создания шкалы индикации экосистем.

1. Создана информационная база данных, включающая как собственные материалы автора, так и фондовые, монографические литературные и картографические данные по запасам подстилки, т/га; величине наземного опада, т/га; сумме температур выше 10^0 С, коэффициенту увлажнения, окислительно-восстановительному потенциалу, мВ; величине биомассы, т/га; первичной продукции, т/га; количеству химических элементов в подстилке и в опаде, т/га и т.д.

2. Разработана комплексная методика оценки пространственной дифференциации экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы.

3. Выполнена оценка почвенно-климатических факторов (величина наземного опада, т/га; сумма температур выше 10^0 С; коэффициент увлажне -

ния; окислительно-восстановительный потенциал, мВ), оказывающих влияние на формирование и развитие почвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы.

4. Сформулировано и обосновано понятие “экологическая ниша почвенного органогенного горизонта”. Проведен анализ параметров экологических ниш почвенных органогенных горизонтов в основных типах ландшафтов наземного варианта ландшафтной сферы.

5. Доказан зональный характер распределения запасов почвенных органогенных горизонтов. Составлена карта распределения запасов почвенных органогенных горизонтов в экосистемах суши.

6. Создана диагностическая шкала параметров почвенных органогенных горизонтов для индикации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы.

7. На основе учета особенностей формирования, распределения изменчивости почвенных органогенных горизонтов и их диагностических параметров сформулированы эколого-географические закономерности пространственной дифференциации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы, а также составлена оценочная карта, отражающая степень устойчивости экосистем к внешним воздействиям.

8. Даны практические рекомендации по использованию шкалы индикации экосистем для решения задач, связанных с оптимизацией состояния ландшафтной сферы, сохранением природных экосистем и рациональным природопользованием территории России.

Научная и практическая значимость. В диссертации обоснована концепция пространственной дифференциации экосистем по диагностическим параметрам почвенных органогенных горизонтов наземного варианта ландшафтной сферы. Выполненные теоретические, методические и экспериментальные исследования позволяют решать научные и практические задачи по индикации состояния ландшафтной сферы на основе параметров почвенных органогенных горизонтов для разработки рекомендаций по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки и рациональному природопользованию.

Обобщенные и структурированные в диссертации данные по почвенным органогенным горизонтам и факторам, оказывающим влияние на ее формирование, являются основой для оценки ландшафтно-экологического состояния наземного варианта ландшафтной сферы и проведения глобального, регионального и локального мониторинга состояния экосистем.

Подготовленный картографический материал, основанный на индикации состояния экосистем наземного варианта ландшафтной сферы, использован в Северном государственном медицинском университете Минздравсоцразвития РФ для целей научных исследований изменений природной среды и при планировании мероприятий по оптимизации ландшафтно-экологического состояния экосистем (подтверждено актом внедрения).

Материалы диссертации используются при чтении курсов лекций в Российском университете дружбы народов (РУДН) и при чтении курсов лекций в Российской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (подтверждено актами внедрения). Разработаны учебно-методические комплексы дисциплины “Геоэкология” для специальностей “Охрана окружающей среды” и “Природопользование”.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке концепции устойчивости основных экосистем мира, основа которой заложена созданием Web-атласа “Россия как система” и карты “Уровень потенциальной устойчивости коренных экосистем России”.

Результаты исследования используются Правительством Московской области для оценки изменения ландшафтов севера Московской области вследствие эксплуатации подземного водозабора. Основные материалы исследования размещены в on-line базе данных Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (<http://ecopages.ru>).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 53 печатных работы, в том числе: монографий - 2, статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК - 27, статей, докладов, тезисов в трудах и материалах симпозиумов – 24.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены и обсуждены на: научно - практических конференциях: “Математические методы распознавания образов”, “Математика. Компьютер. Образование” (1997, 1999, 2001, 2003 гг.); “Математическая и вычислительная биология” и “Экология” (1999 гг.), на 14-ой Конференции “Экологически чистая (натуральная) и безопасная продукция” (2005 г.), Международной конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (2009, 2010, 2011, 2012 гг.), Международной научно-практической конференции “Подготовка инновационных кадров для рынка труда в условиях непрерывного образования” (Екатеринбург, 2012) и других.

Объем и структура работы: работа изложена на 324 страницах; состоит из введения, девяти разделов, заключения; включает 34 таблицы, 94 рисунка и 41 приложение. Список литературы состоит из 451 источника, 48 из которых на английском языке.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своим учителям д.г.н., профессору О.П.Добродееву, д.с.-х.н., профессору Б.П.Градусову за неоценимую помощь в исследованиях, идейное вдохновение, всемерное содействие в работе, без которых данное исследование было бы невозможным.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Концепция выявления диагностических критериев пространственной дифференциации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы основана на теоретических и методических подходах к изучению особенностей формирования и распределения напочвенных органогенных горизонтов, включающая логическую последовательность методических приемов: создание баз данных, системный анализ, ландшафтно-геохимический, картографический и математические методы.

Напочвенный органогенный горизонт рассматривается как одна из важнейших составляющих частей ландшафтной сферы земли, "...являющейся зоной прямого соприкосновения литосферы, гидросферы и атмосферы" (Мильков, 1990) и представляет собой горизонт, состоящий из отмерших остатков растительного, животного и бактериального происхождения и находящийся в генетической взаимосвязи, как с растительным покровом, так и минеральной толщей почвы..

В исследовании используется термин "экосистема", которая рассматривается, согласно определению Е.М. Лаврененко и Н.В. Дылис (1968), как биогеоценоз в границах фитоценоза. Этим определяется приоритетный выбор статистических методов, в том числе использование информационно-статистического метода оценки межкомпонентной сопряженности явлений и факторов, корреляционного, дисперсионного и регрессионного анализа для установления закономерностей влияния и взаимовлияния экологических факторов на формирование напочвенного органогенного горизонта.

Изучение, анализ, оценка напочвенного органогенного горизонта в экосистемах мира основана на комплексном подходе, включающем логическую последовательность методических приемов: системного анализа, ландшафтно-геохимического, картографического и математических методов.

Методология исследований базируется на следующих методах: выявления зависимости между запасами подстилки и экологическими факторами; определения параметров экологических ниш основных географических ареалов; установления закономерностей распределения запасов подстилки в экосистемах суши; использования параметров малого биологического круговорота для прогнозирования типов функционирования экосистем; учета величины подстильно-опадного коэффициента для оценки типов функционирования экосистем; оценки стабильности подстилки основных географических ареалов по количеству химических элементов в опаде и подстилке, интенсивности их высвобождения; создания шкалы типов функционирования экосистем на основе малого биологического круговорота.

В основу работы положены данные по мощности напочвенного органогенного горизонта в 2700 пикетах (рис.1), из которых в дальнейшем

выделено 330 пунктов наиболее типичных для природных зон.

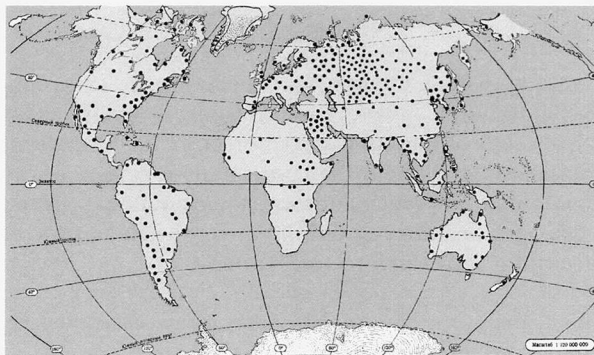


Рис.1. Пикеты с известными запасами подстилки

Выяснение экологических факторов, оказывающих влияние на формирование органогенных горизонтов, основано на полевых исследованиях автора, а также данных, приведенных в литературе, агроклиматических и почвенных картах.

К материалам, полученным по литературным источникам, относятся параметры: количества наземного опада (О.н., ц/га), зоомассы и численности редуцентов, реакции среды (рН), окислительно-восстановительного потенциала (ОВП, мВ). Показатели теплообеспеченности ($S > 10^{\circ}\text{C}$), условий увлажнения (K_u), растительности получены по данным Агроклиматического атласа Мира.

Определение количественных параметров экологических факторов, оказывающих влияние на формирование органогенных горизонтов, позволило построить корреляционную матрицу и выявить закономерности ландшафтно-экологических связей в экосистемах суши в целом. Для прогнозирования запасов подстилки в тех местах суши, где такие данные отсутствуют, использовался линейный регрессионный анализ.

Для выяснения типов экологических ниш использован информационно-статистический метод оценки межкомпонентной сопряженности явления (запасов подстилки в ареалах) и различных факторов.

Проведенный анализ позволил описать экологические ниши основных географических ареалов в поле биологических (величина наземного опада) и климатических (теплообеспеченность, увлажнение, рН среды) факторов по параметрам:

- интервалы запасов подстилки в ареалах (подареалы);
- объем ниши по каждому градиенту фактора;
- мощность ниши по каждому градиенту фактора;
- градации фактора, влияющие на запасы подстилки в каждом подареале.

Используя данные о пунктах с различными запасами лесной подстилки и

степного войлока, на основании полученных собственных материалов автора и материалов экспертов - ведущих ученых географов, экологов, почвоведов, построен ранжированный ряд и выделены 11 градаций запасов подстилки. С помощью таксономического метода подтверждено разделение пунктов с известными запасами подстилки на ареалы. Для обеспечения представительности выборок используется способ рандомизации.

Ареалы с различными запасами напочвенных органогенных горизонтов описаны по следующим параметрам: морфологическая характеристика органогенного горизонта (мощность, структура, плотность); условия формирования органопрофиля, данные по величине наземного опада, биомассе беспозвоночных животных и зоомассе микроорганизмов, соотношение подстилка-опад (подстильно-опадный коэффициент, ПОК, годы), позволяющие судить о скорости процессов разложения и минерализации мертвых растительных остатков.

Проведен анализ данных в ареалах с помощью корреляционного и дисперсионного анализа с целью проверки обоснованности влияния экологических факторов на запасы лесной подстилки и степного войлока.

Для выявления роли отдельных факторов в варьировании запасов подстилки и степного войлока в ареалах выполнен дисперсионный анализ, позволяющий выделить из общей вариабельности резульативного признака (мощности напочвенного горизонта) в ареале той части, которая определяется влиянием учитываемых и случайных факторов.

Определение количественной зависимости между значениями переменных и запасами подстилки осуществлено с помощью регрессионного анализа. Получены модели взаимосвязи экологических факторов и запасов напочвенной подстилки в каждом ареале.

Для целей выяснения эколого-географических закономерностей распределения запасов напочвенного органогенного горизонта на суше произведена генерализация пунктов с известными запасами подстилки в таксоны и составление картосхемы распределения запасов лесной подстилки и степного войлока.

Выделены зонально-региональные закономерности распределения запасов подстилки в экосистемах суши, которые позволяют решить поставленную в исследовании задачу, используя напочвенный органогенный горизонт, как индикатор устойчивости.

Следует отметить те отличия, которые делают несхожими картосхему распределения мертвого органического вещества в основных растительных сообществах суши Н.И.Базилевич и Л.Е.Родина (1965) и картосхему зонально-региональных закономерностей распределения запасов напочвенной подстилки в экосистемах суши. В первую очередь, Н.И.Базилевич и Л.Е.Родин ставили перед собой цель проанализировать динамику биологического круговорота в основных типах растительности и, кроме других показателей, использовали массу мертвого органического вещества, как сумму органического вещества, заключенного в сухостойных особях, отмерших органах, лесной подстилке,

торфяном горизонте почв, степной подстилке. В нашем исследовании целью является анализ географических закономерностей распределения запасов напочвенной подстилки, а основой для картосхемы - мощность напочвенного органогенного горизонта в экосистемах наземного варианта ландшафтной сферы. Во-вторых, запасы мертвого органического вещества приводились на основании полевых исследований, выполненных в пределах СССР, по остальной территории суши данные не носили систематического характера, в нашем исследовании используются данные по всей территории земного шара, основанные на собственных материалах автора и экспертных материалах. Более того, нами акцентировано внимание на выяснении влияния на ландшафтно-экологическую обстановку напочвенного органогенного горизонта, возможности индикации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы, разработке методических приемов, которые позволили:

- оценить роль литогенной основы в формировании почвенного органогенного горизонта наземного варианта ландшафтной сферы;
- определить идентификационные признаки малого биологического круговорота, которые могут служить основой для индикации состояния экосистем и прогнозирования развития природно-территориальных комплексов;
- провести оценку состояния и создать оценочную карту пространственной дифференциации экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов;
- сформулировать практические рекомендации по оптимизации состояния ландшафтной сферы, сохранению природных экосистем и наметить районы приоритетных оптимизаций на территории РФ.

2. Напочвенные органогенные горизонты ландшафтной сферы формируются, сохраняются и преобразовываются под воздействием взаимосвязанной системы почвенно-климатических и литогенных факторов, которые являются их движущей силой и определяют их характерные особенности.

Формирование напочвенного органогенного горизонта происходит под влиянием почвенно-климатических и литогенных факторов. Проанализированы данные полевых исследований и экспертные материалы (2700 пикетов), типизированы и описаны 330 пунктов с различной мощностью напочвенного органогенного горизонта. Минимальные запасы подстилки ($< 0,6$ т/га) отмечены в растительных сообществах пустынной зоны, максимальные - в болотах Западной Сибири ($> 20,0$ т/га).

Показано, что зависимость запасов подстилки от факторов среды имеет сложный характер: запасы подстилки увеличиваются при повышении температуры и количества наземного опада; запасы подстилки при избыточном увлажнении характеризуются как максимальными величинами в таежных экосистемах, так и небольшой мощностью подстилки во влажных тропиках,

минимальные показатели отмечены для пустынных ландшафтов тропического пояса при недостаточном увлажнении, низких величинах наземного опада, высокой теплообеспеченности

График зависимости мощности напочвенного органогенного горизонта от количества наземного опада выявил ее экспоненциальный характер с отрицательным показателем степени, т.е. с увеличением количества опада – практически единственного источника органического вещества подстилки – мощность подстилки уменьшается. Очевидно, это связано со скоростью разложения и минерализации опада, которая, в свою очередь, определяется интенсивностью деятельности напочвенных редуцентов. Последняя зависит от экологических факторов, прежде всего, от гидротермических условий.

Экспоненциальная зависимость запасов подстилки от суммы активных температур > 10 °C/год (рис.2), имеющая отрицательный показатель степени, свидетельствует о том, что с возрастанием теплообеспеченности усиливается активность почвенных редуцентов и, соответственно, возрастает скорость разложения и минерализации опада, приводящие к уменьшению этих запасов.

Количественная зависимость запасов подстилки от условий увлажнения K_u и реакции почвенного раствора (pH) отражает сложный характер взаимосвязи, когда в условиях достаточного и избыточного увлажнения (>1) и кислой реакции среды (3,5 – 5,5) формируются запасы подстилки выше 200 ц/га, а минимальные запасы подстилки – при значительной инвариантности по градиенту факторов.

Показано, что ландшафтообразующее свойство литогенной основы носит дифференцированный характер и зависит от литологического состава слагающих ее горных пород и соотношения с основными биологическими и почвенно-климатическими факторами, оказывающими влияние на развитие современных ландшафтов и напочвенных органогенных горизонтов. В связи с этим, ландшафтообразующая роль литогенного фактора, даже в условиях однородной литологической среды, может изменяться в широких пределах – от ведущей до подчиненной (от аazonальной до зональной), что важно учитывать при решении вопросов дифференциации экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов и использовании этих параметров для индикации состояния ландшафтной сферы.

Для подтверждения значимой связи между мощностью органогенного горизонта и факторами географической среды проведен корреляционный анализ. Корреляционная матрица, рассчитанная в относительных величинах, для ранжированных рядов из 330 значений запасов подстилки и экологических факторов имеет следующий вид (табл. 1).

Результаты корреляционного анализа дают основания утверждать, что связь между запасами подстилки и влияющими факторами (O_n , S $t > 10$ °C, K_u , pH) существует и эта связь значима.

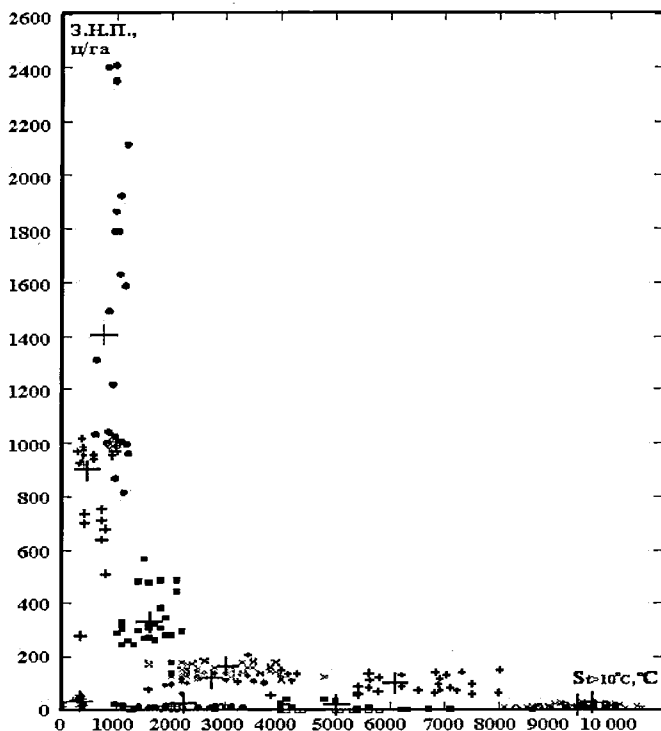


Рис.2. Зависимость запасов подстилки (з.н.п., ц/га) от суммы активных температур выше 10°C ($S_{t>10^{\circ}\text{C}}$). Условные обозначения: + центр (среднее арифметическое) ареала.

Таблица 1.

Результаты корреляционного анализа

Показатели	Коэффициент корреляции
Наземный опад, т/га	- 0,26
Теплообеспеченность, $S_{t>10^{\circ}\text{C}}$	- 0,42
K_u , отн.вел.	0,28
pH , отн. вел	- 0,37

Значения коэффициентов корреляции позволяют говорить о том, что существует корреляционная связь между напочвенными органогенными горизонтами и факторами внешней среды.

Корреляционная связь между мощностью напочвенного органогенного горизонта и несколькими влияющими факторами (рис.3) показывает, что

минимальные запасы подстилки (0,6 т/га) накапливаются в условиях недостаточного увлажнения (0,1) и высокой теплообеспеченности (2800-8600°C). Это объясняется тем, что в таких условиях имеется незначительный наземный опад, который практически полностью подвергается разложению и минерализации благодаря высокой активности редуцентов.

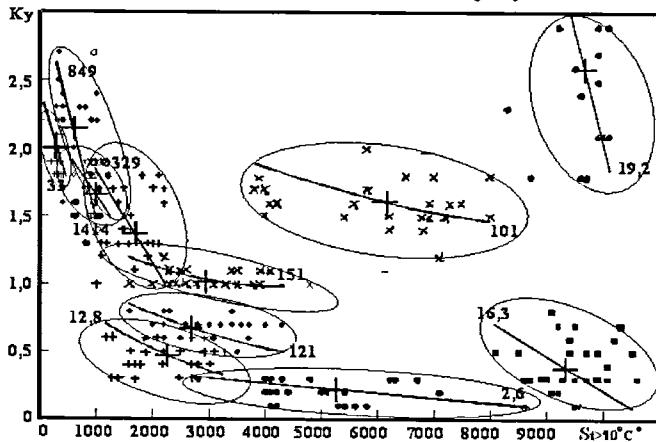


Рис.3. Зависимость запасов подстилки (среднее значение) от взаимовлияния суммы активных температур выше 10°C ($S > 10^{\circ}\text{C}$) и условий увлажнения (K_u). Точки – пункты с известными запасами подстилки, + – центр (среднее арифметическое) ареала.

Увеличение запасов подстилки до 12-15 т/га происходит при снижении теплообеспеченности (1600-4800°C) и достаточном увлажнении (0,8-1,0). В таких условиях деятельность микроорганизмов приобретает сезонный характер: в летний период интенсивность разложения растительных остатков максимальна, зимой – минимальна, из-за снижения интенсивности деятельности редуцентов и преобладания в опаде труднорастворимых растительных остатков. Поэтому, учитывая, что наземный опад значителен для умеренных широт, происходит увеличение запасов подстилки.

Дальнейшее снижение теплообеспеченности (800-1600°C) и избыточное увлажнение приводит к формированию запасов подстилки 33-85 т/га. Это обусловлено и тем, что длительный зимний период ограничивает деятельность редуцентов, как непосредственно, так и при низком испарении через увлажнение. Это приводит к очень высоким показателям запасов подстилки, даже при незначительном наземном опаде.

Максимальная мощность почвенного органического горизонта, характеризующаяся изолнией 141,4 т/га, формируется в условиях низкой

теплообеспеченности (600-1200°C) и переувлажнения (>1,0). Интенсивность деятельности редуцентов в таких условиях снижена, численность аэробных редуцентов невелика, поэтому практически весь наземный опад подвергается консервации в виде подстилки.

Для пунктов, объединенных изолиниями с запасами подстилки 2,0-10,0 т/га показано, что соотношение избыточного увлажнения (>1,0) и высокой теплообеспеченности (6200-10100°C) приводит к формированию невысоких запасов подстилки. В таких условиях интенсивность деятельности редуцентов очень высока, разложение растительных остатков происходит в течение всего года, практически весь наземный опад подвергается разложению и минерализации.

Пункты с запасами подстилки, характеризующиеся изолинией 3,3 т/га, формируются в условиях недостатка тепла (50-4000° C), и того факта, что вода большую часть года находится в твердом состоянии. Низкие показатели мощности подстилки объясняются суровыми арктическими условиями и минимальным на суше наземным опадом.

Показанная зависимость от влияния термических условий и условий увлажнения позволяет считать их важнейшими климатическими факторами, влияющими на формирование напочвенного органогенного горизонта.

Построены линейные регрессионные зависимости, связывающие отдельные факторы географической среды и позволяющие прогнозировать значения запасов подстилки в тех пунктах, для которых такие данные отсутствуют (рис.4).

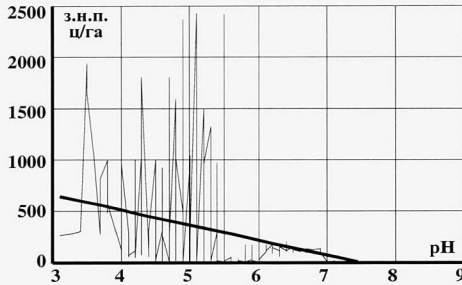


Рис.4. Линейный регрессионный анализ для зависимости запасы подстилки (з.н.п., ц/га) – реакция почвенного раствора (pH).

Графические линейные регрессионные зависимости мощности органогенного горизонта от основных экологических факторов имеют следующий вид (на примере наземного опада):

$$y = 375 - 1,6 x, \text{ где } y - \text{ подстилка, } x - \text{ опад наземный.}$$

С помощью построенных уравнений линейной регрессии рассчитаны запасы подстилки для пунктов, расположенных на внутренних плато

Пиренейского полуострова с $K_y = 0,2-0,3$ (коричневые почвы). Они составляют: $y = 59 + 163 x_1$, где $x_1 = K_y$; для $K_y = 0,25$, $y = 10$ т/га.

Исследование почвенно-климатических и литогенных факторов, оказывающих влияние на формирование напочвенных органогенных горизонтов, служит основой для выбора приоритетных методических приемов, определения типов экологических ниш, решения научной проблемы, поставленной в работе.

3. Интегральная оценка влияния почвенно-климатических и литогенных факторов на формирование напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы позволяет определить параметры экологических ниш по биологическому и климатическому градиентам факторов.

В исследовании используется понятие *экологическая ниша напочвенного органогенного горизонта*, под которой понимается определенная область некоторого пространства жизненно необходимых факторов (тепла, влаги, минеральных веществ), оказывающих влияние на формирование напочвенных органогенных горизонтов в экосистемах наземного варианта ландшафтной сферы.

Показано, что на формирование экологической ниши напочвенного органогенного горизонта оказывают влияние несколько факторов: теплообеспеченность, условия увлажнения, реакция среды, величина наземного опада.

С помощью статистического метода оценки межкомпонентной сопряженности явления и различных факторов определены и типизированы четыре типа экологических ниш, различающихся по объему и мощности: 1 тип – $V(0,1-0,2)$, $P(0,9-1,0)$ включающий в себя ниши для подареалов по величине наземного опада, теплообеспеченности и реакции почвенного раствора; 2 тип – $V(0,3-0,5)$, $P(0,6-0,8)$, включающий в себя ниши для подареалов по величине наземного опада, условиям увлажнения и реакции почвенного раствора; 3 тип – $V(0,5-0,7)$, $P(0,4-0,6)$, включающий в себя ниши по наземному опаду, условиям увлажнения и реакции почвенного раствора, 4 тип – $V(0,7-0,9)$, $P(0,1-0,4)$, включающим в себя ниши по теплообеспеченности, условиям увлажнения и реакции почвенного раствора, позволившие причислить подстилку к определенному классу по каждому градиенту фактора и охарактеризовать тип функционирования экосистемы.

Объем экологической ниши ареала напочвенного органогенного горизонта (V , безразм. вел.) выражен через количество градаций описываемого фактора (биологического или климатического), охваченное данной нишей, т.е. через число значимых позиций ее вектора-столбца в матрице частных коэффициентов связи.

Мощность ниши напочвенного органогенного горизонта (P , отн. вел.) соответствует максимальному значению нормированной частоты, которое соответствует экологическому оптимуму явлений по рассматриваемому

фактору (биологическому или климатическому).

I тип. $V(0,1-0,2)$, $P(0,9-1,0)$. Абсолютно минимальная устойчивость напочвенного органогенного горизонта – как резистентная, так и упругая. Обладая чрезвычайно узкой экологической нишей и весьма высокой концентрацией своих состояний в области экологического оптимума, подстилка быстро выходит из состояния равновесия даже при незначительном изменении фактора. Напочвенный органогенный горизонт данного типа может использоваться как первоочередной индикатор изменений в ландшафтно-экологическом состоянии экосистем наземного варианта ландшафтной сферы.

Таким образом, можно полагать, что подареалы и градации фактора среды, которые находятся в пределах экологического оптимума, отражают снижение стабильности функционирования подстилки и экосистемы в целом.

II тип. $V(0,3-0,5)$, $P(0,6-0,8)$. Ниша этого типа имеет широкое простираие, но основные состояния напочвенного органогенного горизонта сосредоточены в узкой части экологического оптимума, поэтому резистентность слабая. Подстилка данного типа может сохранить свою качественную определенность при различных условиях за счет упругости вблизи экологического оптимума и, в меньшей степени, пластичности в диапазоне размытых ветвей экологической ниши. В целом, такая подстилка характеризуется незначительным количеством экологических оптимумов, что повышает стабильность функционирования экосистем наземного варианта ландшафтной сферы.

Экологические ниши второго типа наиболее малочисленны. Показатели климатических и биологических ниш некоторых ареалов находятся в пограничном состоянии с другими нишами, что встречается почти во всех экосистемах.

III тип. $V(0,5-0,7)$, $P(0,4-0,6)$. Данный тип экологической ниши напочвенного органогенного горизонта отличается от предыдущего сочетанием слабо выраженного экологического оптимума со средними значениями объема самой ниши. В этом случае резистентность подстилки также резко ослаблена, однако при изменении условий она способна поддерживать свое состояние за счет проявления пластичности и, гораздо меньше – упругости. Такая подстилка обладает повышенным запасом гомеостатичности и стабильности, являясь индикатором функционирования наземных ландшафтов.

IV тип. $V(0,6-0,9)$, $P(0,1-0,4)$. При такой структуре экологической ниши напочвенный органогенный горизонт наиболее стабилен, т.е. обладает максимально возможной гомеостатичностью, что обеспечивает ей высокий уровень резистентности.

Подстилка может варьировать своими структурными переменными без качественных преобразований в максимально широком диапазоне градаций фактора, поэтому она наиболее толерантна к изменениям климатических и биологических градиентов. Необходимы чрезвычайно сильные изменения факторов внешней среды, чтобы вывести подстилку четвертого типа за пределы области гомеостаза. В самой же нише все градации фактора относительно

уравновешены, что указывает на высокоразвитые механизмы адаптации напочвенного органогенного горизонта к изменениям данного фактора.

Для основных географических ареалов описаны климатические и биологические ниши, выделены экологические оптимумы (подареалы, где запасы подстилки максимально зависят от фактора среды). Предложено оценивать экологические ниши по четырехбалльной шкале: минимальная стабильность функционирования напочвенного органогенного горизонта характеризуется значительным количеством экологических оптимумов по каждому фактору, максимальным объемом, минимальной мощностью (1 балл), максимальная – отсутствием (или минимальным количеством) экологических оптимумов, минимальным объемом и максимальной мощностью (4 балла).

Для визуализации представления об изменении запасов напочвенного органогенного горизонта в пределах ареала в пространстве значений того или иного фактора, мощность и объем экологических ниш, рассчитанные с помощью информационно-статистического метода, описаны и отображены с помощью графиков и объемных гистограмм - “стягивающих” поверхностей для каждого из 11 ареалов (рис. 5; рис.6).



Рис.5. Пример экологической ниши ареала с запасами подстилки 33 т/га в поле теплообеспеченности. Условные обозначения: ряды – интервалы запасов подстилки в ареале: ряд 1 – 13,9-22,5 т/га; 2 – 22,5-31,1 т/га; 3 ряд – 31,1-39,7 т/га; 4 ряд – 39,7 – 48, 3 т/га; 48, 3- 57,0 т/га; градации фактора: 1 – 1000 °, 2 – 1100 °, 3 – 1200°, 4 – 1300 °, 5 – 1400°, 6 – 1500 °, 7 – 1600 °, 8 – 1700 °, 9 – 1800 °, 10 – 1900 °, 11-2000 °, 12-2100 °, 13-2200°

Первый признак ниши указывает на ширину области гомеостаза, т.е. на диапазон, который занимает напочвенный органогенный горизонт в пространстве значений рассматриваемого фактора, а второй – на степень сосредоточенности объекта в той градации фактора, где объект встречается с наибольшей вероятностью, и которая принята как оптимальная.

Таким образом, на каждой гистограмме или диаграмме все экологические ниши напочвенного органогенного горизонта в горизонтальной плоскости

имеют единый нуль отсчета независимо от того, какое место они занимают в пространстве значений данного экологического фактора, что позволяет сравнивать их не только по мощности, но и по объему.

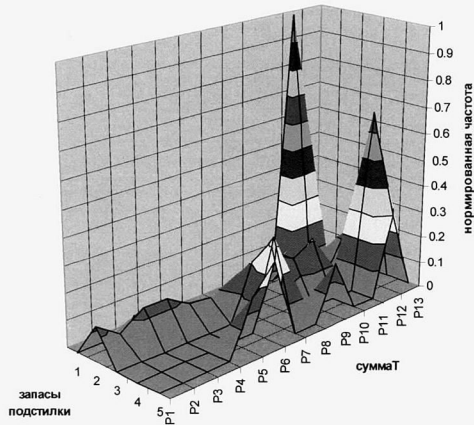


Рис.6. Пример экологической ниши ареала с запасами подстилки 33 т/га в поле условий теплообеспеченности в виде “стягивающей” поверхности. Усл. обозначения те же, что и для рис.5.

Экологические ниши напочвенного органогенного горизонта дифференцируются, в первую очередь, по своему объему, т.е. по ширине диапазона, в пределах которого подстилка способна сохранить свою качественную определенность. Особенно это касается экологических ниш первого и четвертого типов. Для промежуточных типов – второго и третьего – мощность ниши является не менее мощным диагностическим признаком, чем объем. Описанные типы экологических ниш и изменений напочвенного органогенного горизонта в пределах биологического или климатического факторов среды позволяют провести индикацию ландшафтно-экологического состояния наземного варианта ландшафтной сферы.

4. Эколого-географические закономерности распределения напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы имеют зональный характер. Это подтверждает впервые составленная картосхема распределения запасов напочвенной подстилки в экосистемах наземного варианта ландшафтной сферы.

В процессе решения поставленной в работе научной проблемы установлены и сформулированы зонально-региональные закономерности распределения мощности напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы. В экосистемах суши с помощью системы методов, выделены 11

градаций запасов подстилки: >0,6; 0,6 - 1,2; 1,3 - 1,6; 1,7 - 2,6; 2,7 - 6,0; 6,1 - 12; 13 - 14; 15 - 21; 22 - 47; 48 - 97; 98 - 225 т/га (рис.7; рис.8).

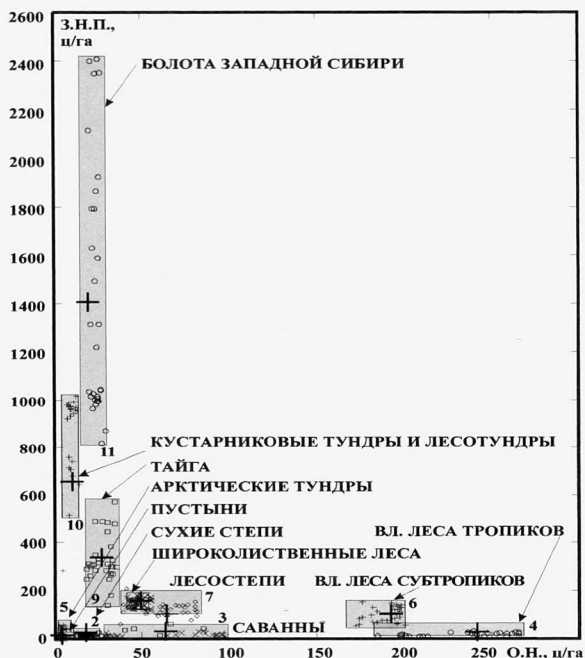


Рис.7. Разделение 330 точек с известными запасами напочвенной подстилки на ареалы в плоскости: запасы подстилки (з.н.п., ц/га) – величина наземного опада.

Подтверждение разделения пунктов с различной мощностью подстилки проводили таксономическим методом, где способом обеспечения представительности выборок является их рандомизация на высоком масштабном уровне для основных типов растительности. Случайность данных в ареалах обеспечивалась путем использования таблицы случайных чисел. На основе средних оценок компактность ареалов оценивалась как отношение оценки дисперсий запасов подстилки и того фактора географической среды, в плоскости которого осуществлялось разделение на ареалы.

Для всех ареалов проверено допущение о нормальности распределения величин в выборках на основе критерия Уилки-Шапиро, характеризующих как запасы подстилки, так и влияющие факторы. Результаты проверки показали, что, рискуя ошибиться в 10 % случаев, выборки можно принять за нормальные. Несмотря на допущения, формулы работают и можно делать прогноз.

Для каждого ареала дана морфологическая характеристика органогенного горизонта: мощность, структура, плотность; приведены условия формирования

органопрофиля, данные по величине наземного опада, биомассе беспозвоночных животных и зоомассе микроорганизмов, соотношению подстилка-опад (подстильно-опадный коэффициент, ПОК, годы), позволяющие судить о скорости процессов разложения и минерализации мертвых растительных остатков. Определены границы ареалов, описанные изотермами и изогиетами.

Определены общие дисперсии, построены регрессионные модели, проведен статистический анализ, которые подтверждают, что данные по запасам подстилки и схема распределения точек с известными запасами подстилки достоверны.

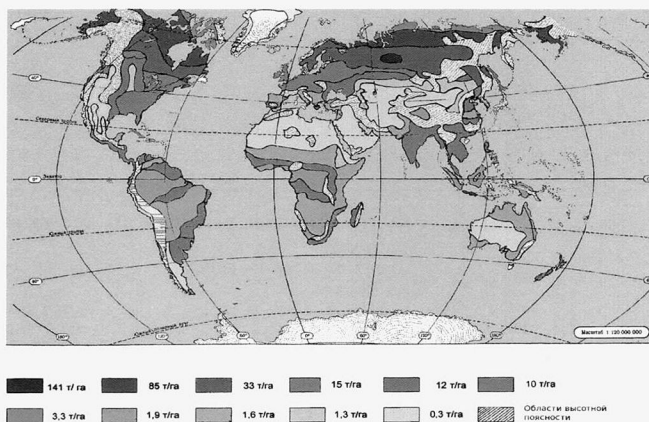


Рис.8. Закономерности распределения запасов подстилки в основных географических ареалах.

Полученные уравнения регрессии приведены при описании основных географических ареалов; они дают возможность прогнозировать мощность органопрофиля в каждом из одиннадцати ареалов по конкретным значениям влияющих факторов.

Генерализация имеющихся данных по мощности органогенного профиля произведена с целью выяснения эколого-географических закономерностей распределения напочвенного органогенного горизонта ландшафтной сферы в экосистемах суши. Описано три таксона с различной мощностью напочвенного органогенного горизонта: таксон с запасами подстилки $> 20,0$ т/га; таксон с запасами подстилки $0,6-20,0$ т/га; таксон с запасами подстилки $< 0,6$ т/га (рис.9).

Мощный органогенный профиль ($>20,0$ т/га) формируется в высоких широтах в бореальном и субарктическом поясах (тайга, лесотундра, кустарничковые тундры, болота Западной Сибири), что обусловлено тем, что длительный зимний период ограничивает деятельность подстилочной фауны, как непосредственно, так и при низком испарении через переувлажнение и создание анаэробных условий, кислой среды и трудно разлагаемого опада таежной и

тундровой растительности. Там, где на пониженных территориях Западно-Сибирской низменности возникает постоянное заболачивание, деятельность редуцентов снижается, и запасы напочвенного органического горизонта достигают максимальных значений для суши (96,5-255,4 т/га).

Наибольшие для лесных сообществ количества подстилки (24,9-47,0 т/га) формируются в хвойных лесах северной, средней и южной тайги, что также связано со слабой интенсивностью процессов разложения-минерализации.

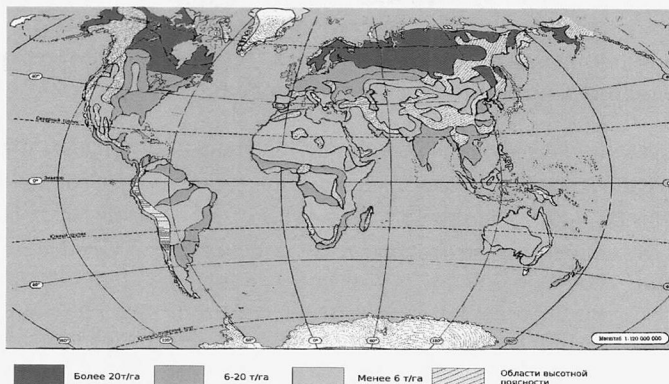


Рис.9. Эколого-географические закономерности распределения напочвенных органических горизонтов в таксонах.

В субтропическом и умеренном поясах с появлением сезонности и увеличением сумм активных температур за год до 8000-2000⁰С мощность органического горизонта составляет 5,9-21,1 т/га.

Минимальные запасы подстилки (<60 т/га) формируются в северных (арктические тундры и полярные пустыни) и в южных широтах (пустыни, влажные тропики, часть умеренного пояса в зоне сухих степей). Во внутритропическом пространстве, где сумма активных температур за год выше 8000⁰С/год, независимо от величины опада активная деятельность подстилочной фауны разлагает и минерализует практически все растительные остатки.

В арктических тундрах низкая теплообеспеченность ($S_T > 10^0$ С менее 300⁰ С за год и средняя температура самого теплого месяца ниже 6⁰ С) обуславливают низкую активность редуцентов, поэтому мощность напочвенного органического горизонта здесь минимальна (2,7-5,9 т/га), как и во внутритропическом пространстве суши. Причина этого - в крайне незначительных величинах наземного опада и в суровых арктических условиях. Очевидно, также часть растительных остатков выносятся постоянными ветрами за пределы зоны.

Выделенные эколого-географические закономерности распределения напочвенных органических горизонтов в основных географических ареалах

позволяют решить поставленную в исследовании проблему, используя количественные и качественные параметры органогенных горизонтов для определения типа функционирования биогеоценозов.

5. Шкала индикации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы, созданная на основе наиболее информативных параметров почвенных органогенных горизонтов: отношение прироста ($V_{перв}$) к общей живой фитомассе ($V_{об}$), скорость высвобождения химических элементов, коэффициент годичной деструкции ($K_{гд}$), величина подстилочного-опадного коэффициента (ПОК), позволяет оценить количественные показатели функционирования экосистемы.

Известно, что отношение прироста ($V_{перв}$) к общей живой фитомассе ($V_{об}$), играет ключевую роль в малом биологическом круговороте, а величина показателя $V_{перв}/V_{об}$ может служить одним из параметров, необходимых для оценки устойчивости круговорота в экосистемах. Отношение первичной продукции к общей живой фитомассе в основных географических ареалах отражает прямо пропорциональную зависимость питания растений от скорости разложения органики в луговых экосистемах и хвойнолесных биогеоценозах и сложную зависимость в ареалах, расположенных в полярных областях и внутритропическом пространстве, т.к. показатели живой фитомассы и прироста варьируют от минимальных до максимальных величин.

Отношение годовой продукции зеленой части к живой надземной фитомассе ($K_{гд}$) играет ключевую роль в малом биологическом круговороте, определяя, в конечном итоге, его интенсивность. Полученные данные по общей живой надземной фитомассе, годовой продукции зеленой части и коэффициенту годичной деструкции для основных географических ареалов позволили сделать выводы о прямо пропорциональной зависимости отношения годовой продукции зеленой части к живой надземной фитомассе.

Для создания шкалы типов функционирования экосистем необходимо оценить возможность диагностики биогеоценозов по скорости разложения органического вещества, параметру, наиболее часто используемому исследователями (ПОК, годы). Показано, что наибольшая величина ПОК для зональных плакорных сообществ характеризует кустарничковые тундры - 92 (в интразональных сообществах лесных сфагновых болот указанное соотношение превышает 100), затем происходит снижение ПОК в сосняках южной тайги - 17, в березняках - 7, в широколиственных лесах - 3-4, в степях - 1 - 1,5, в субтропических лесах - 0,7, а во влажных тропических лесах ПОК выражается ничтожной величиной - 0,1 (рис.10).

Относительная величина интенсивности высвобождения химических элементов из мертвых растительных остатков может служить одним из количественных показателей, отражающих роль почвенного органогенного горизонта в устойчивости функционирования биогеоценозов. Именно она

отражает скорость закрепления химических веществ в подстилке и возможность перемещения химических веществ по почвенному профилю.

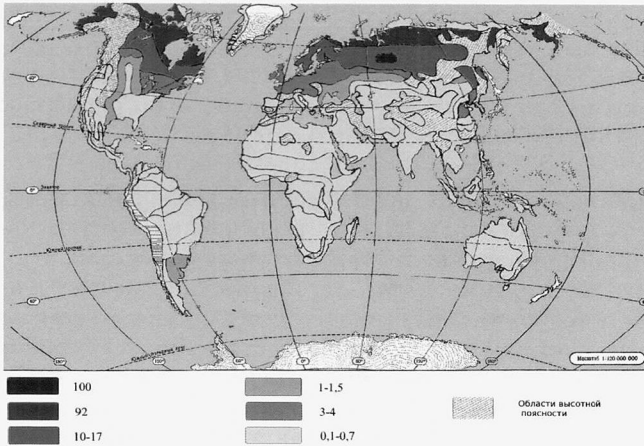


Рис.10. Расчетная величина подстильно-опадного коэффициента в основных географических ареалах.

Установлено, что наибольшее количество химических элементов содержится в органопрофиле кустарничковых тундр (ареал с запасами подстилки 48-97 т/га) - 4200 кг/га и сосняков и ельников средней тайги (ареал с запасами подстилки 22-47 т/га) - 1700 – 2200 кг/га, количество возрастает при заболачивании (ареал с запасами подстилки 98-225 т/га) (рис.11).

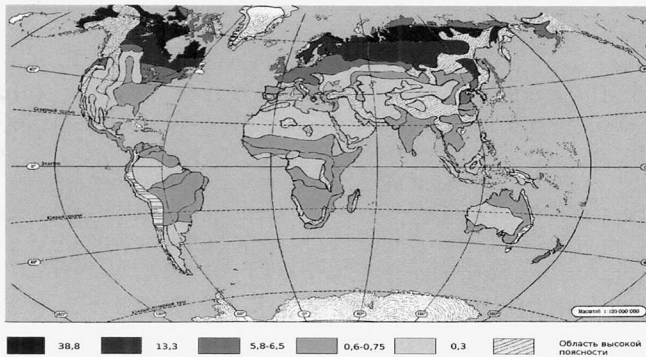


Рис.11. Расчетная величина интенсивности высвобождения химических элементов в основных географических ареалах.

Анализ данных, отражающих интенсивность высвобождения химических элементов, показывает, что основные географические ареалы, располагаются в следующий ряд (по нарастанию): 98-225 т/га (сфагновые болота), 48-97 т/га (кустарничковые тундры), 22-47 т/га (сосняки, ельники), 2,7-6,0 т/га (арктические тундры), 14-21 т/га (березняки, широколиственные леса), 13-14 т/га (степи), 6-12 т/га (субтропические леса), 1,7-2,6 т/га (влажные тропические леса), 1,3-1,6т/га (саванны) и 0,6т/га (пустыни).

6.Пространственная дифференциация основных типов ландшафтов наземного варианта ландшафтной сферы по диагностическим параметрам почвенного органогенного горизонта позволила выявить зональные закономерности: максимальная устойчивость отмечена для лесостепных экосистем и хвойнотаежных лесов, к северу и югу - этот показатель снижается. Выявленные закономерности иллюстрирует оценочная карта распределения экосистем с различной степенью устойчивости (рис.12).

В основу создания шкалы индикации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы суши положены: расчетные данные $V_{перв}/V_{об}$ и $K_{гд}$, величина подстильно-опадного коэффициента, скорость освобождения химических элементов, параметры экологических ниш по климатическим (теплообеспеченность, увлажнение, реакция среды) и биологическому (величина наземного опада) градиентам. Оценка произведена в баллах от 1 до 7, где наименьшему баллу соответствует минимальная стабильность, а наибольшему - максимальная (табл.2).

В результате анализа параметров малого биологического круговорота в географических ареалах установлено, что наименьший балл -1 - характерен для экосистем, подстилка которых содержит 235 кг/га химических веществ, в то время как в опаде содержится более 894 кг/га. Интенсивность высвобождения химических элементов составляет 0,3. Чрезвычайно малая гумусность находится в полном соответствии, с одной стороны, с малой массой опада (до 1,0-1,2 т/га), с другой - с характером разложения растительных остатков, преимущественно их мацерацией, но не гумификацией. Быстрое сгорание отмершего органического вещества опада, а также относительная обогащенность его щелочами обуславливают образование слабоконденсированных, дисперсных перегнойных кислот - главным образом фульвокислот. Последние полностью усредняются основаниями, освобождаясь из опада. Вместе с тем гумусовые вещества сохраняют мобильность и передвигаются на небольшую глубину в почвенном профиле. По этим показателям к 1 баллу отнесены подстилки пустынь тропического и субтропического пояса (ареал с запасами подстилки 0,3 т/га).

Ко 2 типу функционирования отнесены области высоких широт (арктические тундры с запасами подстилки 3,3 т/га), для которых характерен суженный биологический круговорот химических элементов. Это является следстви-

ем как ограниченной продуктивности, а, следовательно, поступления в опад, так и в целом невысокой зольности растений тундры. Поэтому показатели, которые характеризуют продуктивность растительных сообществ основных географических ареалов, могут служить для оценки типа функционирования данного ландшафта.

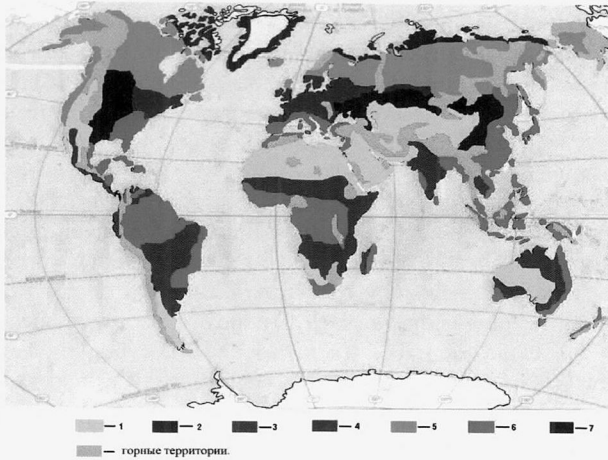


Рис.12. Пространственная дифференциация экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов (римские цифры - баллы устойчивости).

Низкий балл стабильности функционирования - 3 - характерен для подстилки ареала саванн и редколесий с высоким содержанием химических элементов в опад (60 кг/га) и низким - в подстилке (38 кг/га) и интенсивностью высвобождения химических элементов 0,6.

Интенсивно протекающие процессы разложения в саваннах (ареал с запасами подстилки <2 т/га) на фоне промывного режима почв сопровождаются быстрой утратой в стадии подстилки не только органических, но и минеральных веществ. Малый биологический круговорот некомпенсированный, что обусловлено химическим составом опада. Невысокая стабильность функционирования обусловлена тем, что в ареале формируется слой маломощной подстилки, который в некоторых случаях служит единственным аккумулятивным горизонтом.

Четвертый тип функционирования (4 балла) характеризуется высоким содержанием химических элементов в подстилке (1750 кг/га), в то время как в опад содержание химических элементов существенно ниже (300 кг/га). Такие показатели круговорота характерны для широколиственных лесов умеренного пояса. Богатство опада основаниями обуславливают довольно интенсивное

разложение опада (ПОК 4-7) и образование при гумификации в значительном количестве аккумулятивных форм гумуса.

Биологический круговорот в сообществах широколиственных лесов (ареал с запасами подстилки 15 т/га) является в значительной степени недокомпенсированным.

Уровень стабильности подстилки, оцененный 5 баллами, характеризуется высоким содержанием химических элементов в подстилке (1800-4200 кг/га) при их незначительном количестве в опаде (40-230 кг/га). Высокая интенсивность высвобождения химических элементов (13,3-38,8 кг/га) и скорость разложения мертвого органического вещества (подстилочно-опадный коэффициент) указывают на то, что такой тип функционирования характерен для лесотундровых сообществ (ареал с запасами подстилки 85 т/га) и хвойных и смешанных лесов умеренного пояса (тайги) с запасами подстилки 33 т/га.

Тип функционирования, оцененный 6 баллами, отмечен для зон тропических и субтропических лесов, где биологический круговорот протекает значительно менее интенсивно, нежели в условиях умеренных широт.

Интенсивность биологического круговорота в растительных сообществах субтропиков значительно меньше, чем в тропиках. В субтропических лесах показатели биологического круговорота довольно близки к показателям умеренных широт. Хвойные субтропические леса, как и хвойные леса умеренного пояса, довольно близки к показателям для лесов умеренных широт, они вовлекают и возвращают значительно меньше химических элементов, чем лиственные.

В условиях постоянного увлажнения это обстоятельство влечет за собой известную недоусредненность продуктов гумификации. Исключительно интенсивно протекающие процессы разложения органических остатков на фоне промывного режима почв сопровождается быстрой утратой в стадии подстилки не только органических, но и минеральных веществ, что приводит к незащищенности подстилки этих ареалов (2,0-10,0 т/га) от влияния внешних воздействий, и, следовательно, к низкому показателю стабильности.

Незначительная недокомпенсированность малого биологического круговорота, довольно интенсивные процессы разложения мертвых растительных остатков наряду с высоким содержанием гуминовых кислот в почве приводит к тому, что буферные системы сложных многоярусных сообществ лиственных лесов тропического пояса с богатым подростом и травяным покровом задействованы практически полностью, а подстилка характеризуется высокой стабильностью.

Максимальная степень устойчивости - 7 баллов - характерна для экосистем с компенсированным характером биологического круговорота и высокой интенсивностью БИКа, т.е. для травяных степных сообществ (ареал с запасами подстилки 12 т/га).

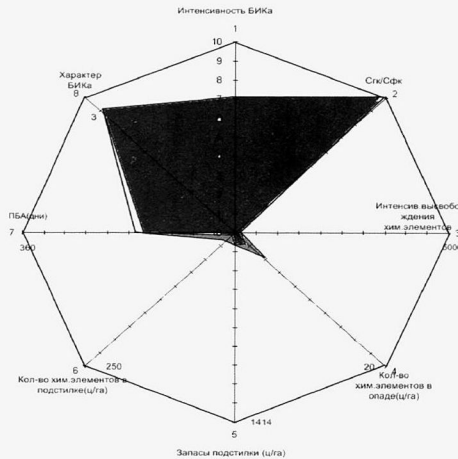
Таблица 2. Диагностическая шкала типов функционирования экосистем по параметрам малого биологического круговорота

Тип функционирования (устойчивость)	Запасы подстилки, T/га	ПОК	ПОКАЗАТЕЛИ МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА			Первичная продукция (при рост), ц/га	Отношение первичной продукции к общей живой фитомассе	Общая живая надземная фитомасса, T/га	Годовая продукция (прирост зеленой части), ц/га	Отношение годовой продукции к общей живой фитомассе			
			Коп-во химич. элементов подстилки, мг/га	Коп-во химич. элементов в опаде, кг/га	Интенсивность вывождения химич. элементов						С фк / (отношение копие чества гумино вых кислот к фульво-кислот)	ПБА, дни	Общая живая фитомасса, T/га
1	< 0,3	< 1	235	894	0,3	0,7	120...180	15,75	5,25	0,31	16,7	3,36	0,2
2	3,3		250	38	6,5	1,0	80	17,1	1,75	0,1	10	2,8	0,28
3	1,3		38	60	0,6	0,8-1,2	60-180	132,5	14	0,11	83	32,3	0,3
	1,6	< 1				0,6-0,8	90-120						
4	15	4-7	1750	300	5,8	0,3-0,5	365	335	12	0,03	38	14,4	0,38
						0,5	0-60						
5	33	10-17	1800	135	13	0,2-0,7	70-110	21,5	7	0,33	10,4	4,1	0,4
	85	92	4200	108	38,8	0,25-0,5	180-210	170	6,5	0,04	120,2	51,3	0,43
6	1,9	< 0,1	200	720	0,3	0,9-1,7	125-145	112,5	6,5	0,04	88,6	40,4	0,46
	10		600	800	0,75			390	28,5	0,07	460	216,2	0,47
7	12	1,5-3,5	200	650	0,3	2	150-175	22,5	10,5	0,47	33,4	21	0,63
	141							28	3,5	0,13	144,5	104,7	0,72

Благодаря богатству опада основаниями, а также в связи с тем, что в травяных степных сообществах частично имеет место разложение органических остатков до конечных простых соединений типа углекислоты, продукты гумификации полностью усреднены. Малый биологический круговорот зольных элементов и азота в степной зоне является компенсированным; формирующиеся под травяными степными сообществами почвы характеризуются ярко выраженной аккумуляцией как органических, так и минеральных веществ (и, прежде всего, таких важнейших элементов питания, как кальций, калий, фосфор и сера) в устойчивой форме. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о высокой степени стабильности ареала, несмотря на интенсивные процессы высвобождения химических элементов. Значительное содержание химических элементов, интенсивность и сбалансированность малого биологического круговорота обуславливает высокую степень защищенности биогеоценоза за счет создания буферной зоны химических элементов в мертвых растительных остатках подстилки.

Таким образом, максимальная устойчивость экосистем наземного варианта ландшафтной сферы отмечена для лесостепных экосистем и широколиственных лесов, к северу и югу этот показатель снижается. На севере минимум наблюдается в арктических пустынях, на юге - в пустынных сообществах. В ареалах кустарничковых степей на севере, хвойнотаежных лесов в умеренном поясе и субтропических лесов на юге уровень устойчивости умеренный (рис.12).

Пользуясь шкалой индикации, составлены наглядные графические схемы, показывающие особенности функционирования экосистем наземного варианта ландшафтной сферы (рис.13).



1	2	3	4	5	6	7	8
7	2	3-7	1,5-2	121	7,5-20	150-175	3

Рис.13. Пиктограмма количества органического вещества подстилки, количества химических элементов в опаде и органогенном горизонте, интенсивности освобождения химических элементов, ПБА на примере ареала с запасами подстилки 12 т/га. Усл. обозначения: 1 – интенсивность БИКа, 2 – соотношение $C_{гк}/C_{фк}$, 3 – интенсивность высвобождения химических элементов, 4 – количество химических элементов в опаде, ц/га, 5 – запасы подстилки, ц/га, 6 – количество химических элементов в подстилке, ц/га, 7 – ПБА, дни, 8 – характер БИКа. Количественные данные приведены в таблице под каждой пиктограммой. Цвета соответствуют баллам устойчивости.

7. Индикация состояния экосистем наземного варианта ландшафтной сферы по параметрам напочвенных органогенных горизонтов позволяет разработать рекомендации по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки регионов, сохранению природных экосистем и рациональному природопользованию

Индикация наземного варианта ландшафтной сферы на основе диагностических параметров напочвенных органогенных горизонтов позволяет решить целый ряд практических вопросов: оценить возможность применения результатов диагностики для решения прикладных задач, дать рекомендации по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки и сохранению природных экосистем для основных ландшафтов суши, выполнить оценку влияния факторов внешней среды на напочвенный органогенный горизонт и сформулировать практические рекомендации по рациональному использованию естественных ресурсов природно-территориальных комплексов (рис.14).

В работе проведен сравнительный анализ материалов и сопряжены данные картосхемы экосистем с различными типами функционирования (Попова, 2012), карты потенциальной устойчивости коренных систем России (Тишков, 2001) и карты экологической напряженности России (Б.И.Кочуров, 2003), составлены оценочные карты. Полученные результаты сравнимы, взаимно дополняют и обогащают друг друга, позволяя определять устойчивость экосистем России, используя как количественные параметры: масса вещества системы, продуктивность, структурная гармоничность, показатели малого биологического круговорота, так и параметры интегрального районирования систем взаимодействия общества и природы.

В качестве примера индикации наземного варианта ландшафтной сферы для решения прикладных задач приведены данные по ареалу тайги Западной Сибири, которые сопряжены с результатами полевых и экспериментальных исследований Новосибирского филиала института леса СО РАН. Показано, что данные по количеству химических элементов в опаде и подстилке, скорости деструкционных процессов (ПОК), качественным характеристикам опада являются показателями, отражающими тип функционирования экосистем, и являются

индикаторами для определения устойчивости экосистем наземного варианта ландшафтной сферы в условиях данного региона.



Рис.14. Практические аспекты индикации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы.

Индикация состояния наземного варианта ландшафтной сферы позволяет наметить методы оптимизации ландшафтно-экологического состояния природных зон России (рис.15), реализовать проекты мелиорации, нацеленные на такие изменения в ПТК, которые приведут: к повышению устойчивости системы к внешним воздействиям, преобразованию ландшафтов с целью наиболее эффективного использования в народном хозяйстве, увеличению и сохранению естественного потенциала ландшафтов в процессе их развития и функционирования, созданию оптимальных ландшафтно-экологических условий для жизнедеятельности человека.

При изучении устойчивости экосистем важное место занимают исследования динамики развития почвенной подстилки, так как с ними связаны следующие аспекты сохранения природных экосистем: почво- и

склонозащитный; технологический (лесокультурный); пирогенный; лесорепродуцирующий факторы; устойчивость к внешним воздействиям; снабжение почвы элементами питания; влияние напочвенного органического горизонта на сохранение микроклимата.

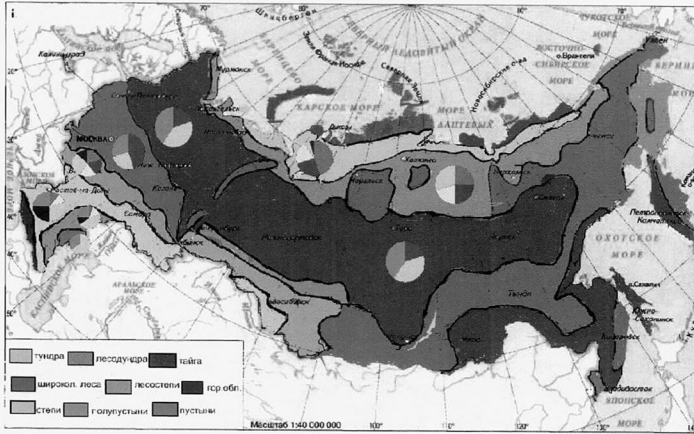
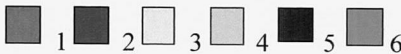


Рис. 15. Приоритетные мелиоративные мероприятия для ландшафтных зон России на основе индикации экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органических горизонтов. Условные обозначения: внутри диаграмм приведены приоритетные виды мелиораций:



1. Климатические мелиорации; 2. Земельные мелиорации; 3. Фитомелиорация; 4. Водные мелиорации; 5. Снежные мелиорации; 6. Культуртехнические мелиорации.

Предложены практические рекомендации по рациональному природопользованию напочвенной подстилки, включающие в себя мониторинг на глобальном, региональном и локальном уровнях.

Выводы

1. Разработана концепция выявления диагностических критериев пространственной дифференциации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы. Предложена методология, включающая систему

методических приемов: методика выяснения зависимости между запасами подстилки и экологическими факторами; методика выяснения параметров экологических ниш основных географических ареалов; методика выяснения закономерностей распределения запасов подстилки в экосистемах суши; методика использования параметров малого биологического круговорота для прогнозирования типов функционирования экосистем; методика использования величины подстиочно-опадного коэффициента для оценки типов функционирования экосистем; методика оценки стабильности подстилки основных географических ареалов по количеству химических элементов в опаде и подстилке и интенсивности их высвобождения; методика индикации экосистем наземного варианта ландшафтной сферы на основе параметров малого биологического круговорота.

2. Проведена комплексная оценка параметров напочвенного органогенного горизонта ландшафтной сферы, почвенно-климатических и литогенных факторов, влияющих на его формирование и развитие в основных экосистемах суши, создана информационная база данных. Показано, что зависимость запасов подстилки от факторов среды имеет сложный характер: запасы подстилки увеличиваются при повышении температуры и количества наземного опада; запасы подстилки при избыточном увлажнении характеризуются как максимальными величинами в таежных экосистемах, так и небольшой мощностью подстилки во влажных тропиках, минимальные показатели отмечены для пустынных ландшафтов тропического пояса при недостаточном увлажнении, низких величинах наземного опада, высокой теплообеспеченности. Показано, что ландшафтообразующее свойство литогенной основы носит дифференцированный характер и зависит от литологического состава слагающих ее горных пород и соотношения с основными биологическими и почвенно-климатическими факторами, оказывающими влияние на развитие современных ландшафтов и напочвенных органогенных горизонтов.

3. Анализ данных, характеризующих параметры почвенно-климатических факторов в основных экосистемах наземного варианта ландшафтной сферы, показал обоснованность их использования для описания параметров экологических ниш и диагностики экосистем. Сформулирована и обоснована классификация типов экологических ниш напочвенного органогенного горизонта ландшафтной сферы. Определены и типизированы четыре типа альтернативных состояния ниши напочвенного органогенного горизонта, различающиеся по объему и мощности: 1 тип – V (0,1-0,2), P (0,9-1,0) включающий в себя ниши для подареалов по величине наземного опада, теплообеспеченности и реакции почвенного раствора; 2 тип – V (0,3-0,5), P (0,6-0,8), включающий в себя ниши для подареалов по величине наземного опада, условиям увлажнения и реакции почвенного раствора; 3 тип – V (0,5-0,7), P (0,4-0,6), включающий в себя ниши по наземному опаду, условиям увлажнения и реакции почвенного раствора, 4 тип – V (0,7-0,9), P (0,1-0,4), включающим в себя ниши по теплообеспеченности, условиям увлажнения и

реакции почвенного раствора, позволившие причислить подстилку к определенному классу по каждому градиенту фактора и охарактеризовать тип функционирования экосистемы.

4. Ранжирование данных по мощности напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы позволило более точно определить географическое положение ареалов по параметрам экологических ниш. Определены 11 ареалов с различными запасами напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы, которые описаны по следующим параметрам: морфологическая характеристика органогенного горизонта (мощность, структура, плотность); условия формирования органопрофиля, величина наземного опада, биомасса беспозвоночных животных и зоомасса микроорганизмов, подстильно-опадный коэффициент, позволяющий судить о скорости процессов разложения и минерализации мертвых растительных остатков. Составлена картосхема эколого-географических закономерностей распределения напочвенных органогенных горизонтов в экосистемах наземного варианта ландшафтной сферы.

5. К критериальным оценкам напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы с учетом общих закономерностей малого биологического круговорота отнесены: скорость высвобождения химических элементов, коэффициент годичной деструкции, величина подстильно-опадного коэффициента, скорость освобождения химических элементов, параметры экологических ниш по климатическим (теплообеспеченность, увлажнение, реакция среды) и биологическому (величина наземного опада) градиентам. Создана диагностическая шкала, позволяющая провести индикацию экосистем наземного варианта ландшафтной сферы по одному или нескольким показателям и прогнозировать развитие ландшафтов.

5а. На основе структурно-функциональных и диагностических свойств напочвенного органогенного горизонта ландшафтной сферы и с учетом общих закономерностей малого биологического круговорота созданы картосхемы распределения показателей ПОК, скорости высвобождения химических веществ, $V_{\text{перв}}/V_{\text{об}}$, $K_{\text{гд}}$ в основных экосистемах.

5б. Пользуясь диагностической шкалой параметров малого биологического круговорота, составлены наглядные картосхемы (пиктограммы), отражающие особенности функционирования экосистем в зависимости от параметров напочвенного органогенного горизонта ландшафтной сферы и факторов внешней среды.

6. Эколого-географические закономерности распределения экосистем с различными типами функционирования описаны по параметрам напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы, имеют зональный характер и отражены на картосхеме. Показано, что на севере минимум напочвенных органогенных горизонтов наблюдается в арктических пустынях, на юге - в пустынных сообществах. В ареалах кустарничковых степей на севере, хвойнотаежных лесов в умеренном поясе и субтропических лесов на юге уровень устойчивости умеренный.

7. Результаты исследования свидетельствуют о том, что индикация состояния экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов с использованием оценочной карты распределения экосистем с различной устойчивостью может служить основой для оптимизации ландшафтно-экологической обстановки регионов и разработки рекомендаций по сохранению природных экосистем и рациональному природопользованию.

8. Диагностика экосистем на основе анализа напочвенных органогенных горизонтов наземного варианта ландшафтной сферы позволяет повысить степень достоверности прогнозирования ландшафтно-экологических ситуаций на глобальном, региональном и локальном уровнях.

Список публикаций по теме диссертации Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК

1. Попова, Н.В. Экологические основы рационального природопользования / Н.В.Попова // Экономика природопользования. – Москва, 2004. - №5. - С.39-41.

2. Попова, Н.В. Влияние экологических факторов на напочвенную подстилку / Н.В.Попова // Экономика природопользования. – Москва, 2004. - №10. - С.44-49.

3. Попова, Н.В. Влияние напочвенной подстилки на сохранение природных экосистем / Н.В.Попова // Экономика природопользования. - Москва, 2004. - №10. - С.49-54.

4. Попова, Н.В. Зависимость запасов напочвенной подстилки от величины наземного опада и скорости его разложения – как индикатор функционирования экосистем / Н.В.Попова // Экономика природопользования. – Москва, 2005. - №2. - С.105-110.

5. Попова, Н.В. Зонально-региональные особенности распределения запасов подстилки на территории суши / Н.В.Попова // Экономика природопользования. – Москва, 2005. - №6. - С.73-79.

6. Попова, Н.В. Диагностика устойчивости экосистем с помощью системы числовых показателей / Н.В.Попова // Экономика природопользования. – Москва, 2006. - №1. - С.45-49.

7. Попова, Н.В. Методы определения скорости высвобождения химических веществ из подстилки / Н.В.Попова // Вестник РУДН. Серия “Экология и безопасность жизнедеятельности”. - Москва, 2007. - №1(15). С.19-26

8. Попова, Н.В. Шкала оценки малого биологического круговорота как основа для прогнозирования типов функционирования экосистем основных биогеографических зон мира / Н.В.Попова // Вестник РУДН. Серия “Экология и безопасность жизнедеятельности”. - Москва, 2007. - №1(15). – С.27-31.

9. Попова, Н.В. Экологические ниши ареала как часть биоклиматической

системы / Н.В.Попова // Экономика природопользования. - Москва, 2007. - №3. - С.104-110.

10. Попова, Н.В. Параметры малого биологического круговорота как основа для моделирования типов функционирования экосистем / Н.В.Попова // Вестник РУДН. Серия "Экология и безопасность жизнедеятельности". - Москва, 2008. - №4. - С.10-16.

11. Попова, Н.В. Использование данных по скорости освобождения химических элементов для диагностики стабильности функционирования экосистем / Н.В.Попова // Экономика природопользования. - Москва, 2008. - №5. - С.45-52.

12. Попова, Н.В. Структурно-функциональная роль подстилки и экологические условия ее формирования в экосистемах / Н.В.Попова // Вестник РУДН. Серия "Экология и безопасность жизнедеятельности". - Москва, 2009. - №1. - С.21-24.

13. Попова, Н.В. Параметры малого биологического круговорота как основа для прогнозирования типов функционирования экосистем / Н.В.Попова // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2009. - №2. - С.32-37.

14. Попова, Н.В. Экологические ниши напочвенных органогенных горизонтов в основных биогеографических зонах Мира / Н.В.Попова // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2009. - №4. - С. 92-96.

15. Попова, Н.В. О роли и значении типов функционирования экосистем в устойчивом развитии территории и сохранении биологического разнообразия / Н.В.Попова // Экономика природопользования. - Москва, 2009. - №6. - С.89-95.

16. Попова, Н.В. Зонально-региональные закономерности распределения напочвенных органогенных горизонтов в экосистемах суши / Н.В.Попова // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2009. - №6. - С. 88-91.

17. Попова, Н.В. Особенности влияния экологических факторов на формирование напочвенных органогенных горизонтов в основных экосистемах суши / Н.В.Попова // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2009. - №6. - С. 192-197.

18. Попова, Н.В. Эколого-географические особенности формирования напочвенных органогенных горизонтов в экосистемах основных биогеографических зон Мира / Н.В.Попова // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2010. - №1. - С.95-102.

19. Попова, Н.В. Оценка малого биологического круговорота экосистем по параметрам напочвенного органогенного горизонта для решения проблемы устойчивого развития / Н.В.Попова // Экономика природопользования. - Москва, 2010. - №3. - С.25-33.

20. Попова, Н.В. Шкала оценки параметров малого биологического круговорота в экосистемах основных биогеографических зон мира / Н.В.Попова // Вестник РУДН. Серия "Экология и безопасность жизнедеятельности". - Москва, 2010. - №3. - С.35-41.

21. Попова, Н.В. Исследования Н.И.Базилевич как предтеча

географических закономерностей распределения запасов подстилки и использования данных по запасам подстилки для диагностики типов функционирования экосистем / Н.В.Попова // Проблемы региональной экологии. – Москва, 2011. - №1. - С. 121-126.

22. Попова, Н.В. Экологическая роль литогенной основы в дифференциации ландшафтной сферы и формировании напочвенных органогенных горизонтов / Н.В. Попова, В.Б.Михно // Вестник РУДН. Серия “Экология и безопасность жизнедеятельности”. – Москва, 2012. - №1. – С. 99-101. (Вклад автора 70 %).

23. Попова, Н.В. Диагностические параметры напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы как основа пространственной дифференциации экосистем с различными типами функционирования / Н.В. Попова, В.Б.Михно // Экономика природопользования. – Москва, 2012. - №1. – С. 59-62 (Вклад автора 70%).

24. Попова, Н.В. Роль литогенной основы в формировании напочвенных органогенных горизонтов ландшафтной сферы / Н.В. Попова, В.Б.Михно // Проблемы региональной экологии. – Москва, 2012. – №2. – С.14-18 (Вклад автора 50%).

25. Попова, Н.В. Напочвенные органогенные горизонты как индикатор пространственной дифференциации и состояния ландшафтной сферы / Н.В. Попова, В.Б.Михно // Проблемы региональной экологии. – Москва, 2012. - №3. – С.29-32. (Вклад автора 80%).

26. Попова, Н.В. Оптимизация ландшафтно-экологической обстановки с использованием метода индикации наземного варианта ландшафтной сферы / Н.В. Попова, В.Б.Михно // Вестник Воронежского гос. Университета. Сер.: География. Геозкология. - Воронеж, 2012. - № 1.- С.21-29 (Вклад автора 70%).

27. Попова, Н.В. Напочвенные органогенные горизонты как индикатор пространственной дифференциации и состояния ландшафтной сферы / Н.В. Попова, В.Б.Михно // Вестник Воронежского гос. Университета. Сер.: География. Геозкология. - Воронеж, 2012. - № 1. - С.29-35 (Вклад автора 70%).

Монографии, статьи, доклады, тезисы в трудах и материалах симпозиумов

28. Попова, Н.В. Пространственная дифференциация экосистем по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов / Н.В. Попова – М. : ИД “Камертон”. — ISBN 978-5-904142-05-6.- 2012.- 254 с.

29. Попова, Н.В. Закономерности распределения запасов напочвенных органогенных горизонтов / Н.В. Попова – Saarbrucken: ИД “LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co”. – ISBN 978-3-8473-9041- 1.- 2012.- 189 с.

30. Попова, Н.В. Рациональное природопользование напочвенными подстилками. Влияние напочвенных подстилок на сохранение природных

экосистем / Н.В. Попова // Экономика природопользования. – Москва, 1999. - № 5. - С.75-78.

31. Попова, Н.В. Методика выделения географических закономерностей распределения запасов напочвенной подстилки для рационального природопользования / Н.В.Попова // Экономика природопользования. - Москва, 2000. - №3. - С.23-26.

32. Попова, Н.В. Зависимость запасов напочвенной подстилки от термических условий / Н.В.Попова, О.П, Добродеев // Почвоведение - Москва, 2000. - №12. - С.1437-1438. (Вклад автора 70 %).

33. Попова, Н.В. Об одном подходе к решению проблемы выявления географических закономерностей распространения мертвого органического вещества / Н.В.Попова // Тезисы докладов 8-й Всероссийской конференции “Математические методы распознавания образов”. - Пушино, 1997. - С.203-204.

34. Попова, Н.В., Добродеев О.П. Анализ ландшафтов суши по распределению запасов напочвенной подстилки в них /Н.В.Попова, О.П.Добродеев // Тезисы докладов 6 Международной конференции “Математика. Компьютер. Образование.” Пушино, 1999. С.89-90 . (Вклад автора 80%).

35. Попова, Н.В. К вопросу определения географических закономерностей распределения запасов напочвенной подстилки на поверхности суши / Н.В.Попова // Тезисы докладов на 4 Пушинской конференции молодых ученых, секция “Экология”. – Пушино,1999.-С.13-14.

36. Попова, Н.В. Зависимость запасов напочвенной подстилки от факторов, влияющих на ее накопление / Н.В.Попова // Тезисы докладов на 4 Пушинской конференции молодых ученых, секция “ Экология”. – Пушино, 1999. - С.13-17.

37. Попова, Н.В. Анализ взаимовлияния экологических факторов на запасы напочвенной подстилки / Н.В.Попова // Тезисы докладов 4 Пушинской школы молодых ученых, секция “Математическая и вычислительная биология”. – Пушино, 1999.- С.16-17.

38. Попова, Н.В. Экологические основы рационального природопользования напочвенной подстилкой / Н.В.Попова // Экологические системы и приборы.- Москва, 2005. - №3.- С.6-8.

39. Попова, Н.В. Влияние тепла и влаги как исходных данных малого биологического круговорота на формирование запасов напочвенной подстилки / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - Москва, 2005. - №4. - С.91-99.

40. Попова, Н.В. Методика исследования зонально-региональных особенностей распределения запасов подстилки в экосистемах суши / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования.- Москва, 2005. - №10. – С.35-38.

41. Попова, Н.В. Методика диагностики устойчивости экосистем суши по количественным и качественным параметрам органогенных горизонтов почв / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и рационального

природопользования. - Москва, 2005. - №10. - С.38-42.

42. Попова, Н.В. Методика диагностики устойчивости экосистем по качественным и количественным параметрам органогенных горизонтов / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. – Москва, 2006. - №10. - С.85-88.

43. Попова, Н.В. Методика определения экологических ниш ареалов с позиций их потенциальной устойчивости / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. - Москва, 2006. - №10. - С.77-81.

44. Попова, Н.В. Диагностика устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества подстилки и других органогенных горизонтов / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. - Москва, 2006. - №10. - С.81-85.

45. Попова, Н.В. Методы использования данных по скорости освобождения химических элементов из подстилки для диагностики устойчивости экосистем / Н.В.Попова // Экологические системы и приборы. – Москва, 2007. - №4. - С.16-21.

46. Попова, Н.В. Диагностика устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества подстилки и других органогенных горизонтов / Н.В.Попова // Экологические системы и приборы. – Москва, 2007. - №5. - С.3-8.

47. Попова, Н.В. Анализ зависимости запасов подстилки от экологических факторов / Н.В.Попова // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – Москва, 2007. - №6. - С.93-99.

48. Попова, Н.В. Географические закономерности распределения запасов подстилки и экологическая роль напочвенного органогенного горизонта для диагностики функционирования экосистем / Н.В.Попова // Тезисы докладов Международной конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования». - Москва, 2009. - С.35-37.

49. Попова, Н.В. Эколого-географические особенности формирования и распределения напочвенных органогенных горизонтов в экосистемах основных биогеографических зон Мира / Н.В.Попова // Тезисы докладов международной конференции “Актуальные проблемы экологии и природопользования”. Москва, 2010. - С.222-224.

50. Попова, Н.В. Эколого-географические особенности формирования и распределения напочвенных органогенных горизонтов в экосистемах основных биогеографических зон Мира / Н.В.Попова // В сб. научных трудов “Актуальные проблемы экологии и природопользования”. - Москва. – ИПЦ “Луч”. - 2010. - С.222-224.

51. Попова, Н.В. Пространственная дифференциация экосистем с различными типами функционирования по диагностическим параметрам напочвенных органогенных горизонтов / Н.В.Попова // Тезисы докладов международной конференции “Актуальные проблемы экологии и природопользования”. Москва, 2011. - С.160-163.

52. Попова, Н.В. Индикация состояния ландшафтной сферы по параметрам напочвенных органогенных горизонтов / Н.В. Попова, В.Б. Михно // Тезисы ежегодной всероссийской научно-практической конференции “Актуальные проблемы экологии и природопользования”. - Эл. версия издания: <http://web-local.rudn.ru/web-local/prep/rj/index.php?id=270&p=10512> – Москва, 2012.- С.469-472 (Вклад автора 80%).

53. Попова, Н.В. Использование инновационных подходов в эколого-правовом воспитании подрастающего поколения в условиях непрерывного образования / Н.В. Попова, И.В. Щепеткина // Подготовка инновационных кадров для рынка труда в условиях непрерывного образования: материалы Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-т, 2012. – С.197-203. (Вклад автора 50%).

***Работы 1-27 опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях,
соответствующих перечню ВАК РФ.***

Научное издание

Попова Наталья Валентиновна

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
ЭКОСИСТЕМ ПО ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ
НАПОЧВЕННЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ
ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

25.00.23 - физическая география и биогеография, география почв и
геохимия ландшафтов

Подписано в печать 13.09.2012. Формат 60x84/16. Бумага 80 гр/кв.м.

Цифровая печать. Объем 2,5 печ. л. Тираж 100 экз.

Отпечатано в ООО «Белый Ветер». 115093, г. Москва, ул.Щипок, д.28,
тел. (495) 651-84-56.

Заказ №757