

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА  
ИНСТИТУТ СТЕПИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

# **СОВРЕМЕННОЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ РЕГИОНОВ**

Материалы XIII Международной ландшафтной конференции,  
посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова

Воронеж, 14–17 мая 2018 года

**Том 1**



ВОРОНЕЖ  ИСТОКИ  
2018

2. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика) / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова. – Москва: Типография Россельхозакадемии, 2014. – 135 с.
3. Современное развитие системного подхода к конструированию агроландшафтов (к 150-летию со дня рождения выдающихся ученых) / В.М. Косолапов [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – Москва, 2013 – № 5. – С. 11-14.
4. Трофимов И.А. Управление агроландшафтами для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Адаптивное кормопроизводство. – Москва, 2011. – № 3. – С. 4-15.
5. Управление агроландшафтами / И.А. Трофимов [и др.] // Кормопроизводство. – Москва, 2008. – № 9. – С. 4-5.
6. Трофимов И.А. Травяные экосистемы в сельском хозяйстве России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Использование и охрана природных ресурсов в России. – Москва, 2010. – № 4. – С. 37-40.
7. Трофимова Л.С. Значение, функции и потенциал кормовых экосистем в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве / Л.С. Трофимова, И.А. Трофимов, Е.П. Яковлева // Адаптивное кормопроизводство. – Москва, 2010. – № 3. – С. 23–28.

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ МЕЖКОМПОНЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ\* SPATIAL VARIABILITY OF INTERCOMPONENT RELATIONSHIPS

**Хорошев А.В.  
Khoroshev A.V.**

avkh1970@yandex.ru

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

**Аннотация.** *Исследуется зависимость вида и тесноты межкомпонентных связей от положения по отношению к границам урочища и ландшафтного соседства. Под устойчивостью в пространстве понимается неизменность состава плеяд коррелирующих свойств и близость показателей плотности связей на разных участках ландшафта. На примере таежного ландшафта установлена существенная нестационарность межкомпонентных связей*

**Abstract.** *The research focused on intercomponent linkages and their density depending on position in relation to the landscape unit boundaries and landscape neighborhood. Stationarity of linkages in space is understood as a similarity of combinations of properties that correlate with each other as well as similar linkage density at various sectors of a landscape. We conclude that intercomponent linkages are non-stationary at the example of the middle taiga landscape.*

Устойчивость связей является предметом исследования, редко рассматриваемым в ландшафтоведении. Под устойчивостью в пространстве понимается неизменность состава плеяд коррелирующих свойств, близость вида зависимости и плотности связей на разных участках ландшафта. Однотипность связей позволяет считать мозаичную территорию организованной по единому правилу, картографировать ее как единую геосистему, прогнозировать в ее пределах изменения во времени на основании принципа эргодичности. Возможность такого прогноза исключительно важна для территориального планирования на ландшафтной основе.

Основное исходное положение заключается в следующем. Свойства каждой территориальной единицы ландшафта являются результатом синергизма во взаимодействиях большой группы пространственных элементов, упорядоченных в какой-либо тип ландшафтных структур. В зависимости от выбора того или иного способа описания гетерогенной территории можно адекватно объяснить пространственную и временную вариабельность того или иного свойства компонентов ландшафта (фитоценоза, почв, вод). Путем сравнения комбинаций свойств компонентов ландшафта в некоторой выборке территориальных единицах можно судить о степени взаимоадаптированности компонентов, устойчивости границ, тенденции развития компонентной структуры. Сравнение свойств, формирующихся при разных площадных пропорциях элементов геосистемы вышестоящего ранга, позволяет выявить пороговые значения свойств пространственной структуры, при которых может достигаться эффект, необходимый для территориального планирования хозяйства и природоохранных мер (продуктивность, видовой состав, химические свойства вод, сток, биоразнообразие, уровень грунтовых вод и др.). Модели зависимости связей от пространственной структуры предполагается строить как отдельно для каждого типа ландшафтной структуры, так и с использованием комбинации их характеристик для выявления эмерджентных эффектов или эффектов суперпозиции структур. Проверку гипотезы об эмерджентных эффектах геосистемы вышестоящего ранга можно производить для окрестностей разного размера, что позволяет установить иерархический ранг и размеры геосистемы вышестоящего ранга, в которую включены фации, обеспеченные полевыми описаниями.

В ландшафтоведении и ландшафтной экологии представление о внутренней мозаичности пространственных единиц неодинаково. В ландшафтной экологии пятно (patch) и матрица (matrix) прини-

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

маются как внутренне однородные. В ландшафтоведении каждая единица кроме фации считается внутренней мозаичной, но редко учитывается варьирование свойств в зависимости от соседства. В современной индивидуалистической концепции экологии сообществ считается, что биотическое сообщество – это набор видов, которые встречаются вместе в конкретном месте в конкретное время благодаря сходной толерантности к экологическим условиям. Каждый вид индивидуально откликается на каждый из экологических градиентов и постепенно меняющийся в пространстве набор лимитирующих факторов. Допустим, будет установлено, что группа видов сопряженно меняет обилия в пространстве какого-либо экологического градиента. Тогда для объяснения существования такого экологического градиента может потребоваться информация не только о собственных свойствах операционной территориальной единицы (ОТЕ), но и о взаимодействии целой группы ОТЕ, вместе формирующих геосистему более высокого ранга с некоторым эмерджентным свойством. Взаимодействие пространственной единицы с соседними и удаленными единицами требует учета позиционных факторов. Эмерджентность возникает как результат одновременного проявления разномасштабных процессов, а методы трансляции информации из одного масштаба в другой разработаны пока слабо. Одной из проблем масштабирования считается потеря информации и зависимость от субъективного выбора при агрегировании данных для перехода на более высокий иерархический уровень анализа. Разрабатываемый в современной ландшафтной экологии градиентный подход сокращает эти риски субъективного агрегирования и классификации; он сохраняет неизменными размер операционной единицы и набор переменных; отсутствует необходимость переопределять целостные единицы при переходе на другой уровень. В градиентной модели пространственная гетерогенность представляется как трехмерная поверхность, частным случаем которой является цифровая модель рельефа.

Если исследователь имеет в распоряжении набор описаний относительно равномерно распределенных в пространстве и имеет возможность соотнести каждое из описаний с пикселями цифровой модели рельефа или космоснимка, то можно проследить реакцию свойств компонентов ландшафта на постепенно меняющиеся свойства вмещающей геосистемы. Часто мы имеем дело с нестационарностью межкомпонентных отношений: их характер меняется от места к месту. Приходится определять, на каком участке пространства чувствительность свойства к абиотическому градиенту больше, на каком – меньше, меняется ли набор взаимодействующих элементов и вид зависимости. Предметом сравнения могут быть величины и знаки коэффициентов корреляции, доля объясненной дисперсии в регрессионном уравнении, набор значимых переменных, величины параметров уравнений.

Если установлено отсутствие связи между свойствами компонентов на каком-либо участке, то это может означать либо наличие неограниченного числа комбинаций (благодаря взаимонезависимости), либо монотонность значений одного свойства при разнообразии значений другого. Наличие связи означает ограниченное количество комбинаций и наличие более низкого уровня иерархии, на котором варьирование обусловлено разными уровнями проявления единого фактора. Важно установить, действует ли этот фактор внутри фитоценоза или обусловлен абиотическим градиентом. Предположим, что в плеяду взаимосвязанных свойств входят свойства как фитоценоза, так и почв. Для того чтобы понять, существует ли причинно-следственная связь между свойствами фитоценоза, необходимо проверить гипотезы о парных связях каждого члена корреляционной плеяды с абиотическими факторами. Если свойства фитоценоза безразличны к абиотическим факторам, то, скорее всего, имеет место внутрифитоценозическое взаимодействие. Если есть чувствительность к абиотическим факторам, то гипотеза внутрифитоценозической природы связей отвергается.

Задача об устойчивости внутриуровневых межкомпонентных связей в пространстве может решаться двумя способами. Первый способ предусматривает сравнение качества статистических моделей для центрального и серии периферийных секторов единого урочища, определенных по расстоянию от границы. При этом проверяются гипотезы: о повышенной взаимоадаптированности компонентов в центральном секторе и ее снижении по мере приближения к границам; о появлении нетипичных неравновесных комбинаций свойств в периферийных секторах за счет проникновения живого и косного вещества из соседних урочищ и повышения межвидовой конкуренции. Второй способ подразумевает сравнение качества статистических моделей для серии выборок в секторах единого урочища, отличающихся по характеру соседствующих пространственных единиц. Проверяется гипотеза об обособлении внутри урочища единиц более низкого иерархического уровня под влиянием латеральных связей с соседними пространственными единицами, осуществляемых через уровень грунтовых вод, приток/отток минерального вещества, распространение семян и поросли, затенение и т.п.

Задача об устойчивости внутриуровневых межкомпонентных связей в пространстве решалась нами на примере плоского междуречья и пологого приводораздельного склона в пределах среднетаежного структурно-моренно-эрозионного ландшафта на юге Архангельской области. Участок имеет площадь 0,787 кв. км. Исследование обеспечено равномерной сеткой из 99 комплексных ландшафтных описаний, расположенных друг от друга на среднем расстоянии 100 м. 51 фация описана в урочище плоской поверхности на расстоянии до 169 м от бровки, 48 фаций – на пологом приводораздельном склоне на расстоянии до 120 м от бровки. Проведено сравнение качества мультирегрессионных моделей для центрального и серии периферийных секторов единого урочища, определенных по расстоянию от границы. Проверялись гипотезы: о повышенной взаимоадаптированности компонентов в центральном

секторе и ее снижении по мере приближения к границам; о появлении нетипичных неравновесных комбинаций свойств в периферийных секторах за счет проникновения живого и косного вещества из соседних урочищ и повышения межвидовой конкуренции. Проводилось также сравнение качества моделей того же вида для серии выборок в секторах урочища, отличающихся по характеру соседствующих пространственных единиц, описанному показателем вертикальной расчлененности (стандартным отклонением абсолютных высот). Проверена гипотеза об обособлении внутри урочища единиц более низкого иерархического уровня под влиянием латеральных связей с соседними пространственными единицами.

Проверка гипотезы о значимости положения по отношению к границам урочища показала, что по мере удаления от бровки склона вглубь междуречья распадаются почвенно-фитоценотические связи, но усиливаются – внутрифитоценотические за счет сопряженного варьирования в пространстве облиий кустарников, кустарничков и трав. Проверка гипотезы о значимости межурочищных взаимодействий для межфациального варьирования внутри водораздельной поверхности показала, что наиболее тесные связи в пляде, охватывающие все ярусы фитоценоза и почву достигаются в наиболее широком восточном секторе междуречья с минимальной расчлененностью – несмотря на минимальное внутреннее разнообразие древостоя, т.е. сукцессионного фактора. При этом по сравнению с другими секторами (соседствующими с крутыми склонами долин), повышенная варибельность облиий кустарников и мхов отражает варьирование строения почв (набора и мощностей почвенных горизонтов). Вид зависимости (знаки при параметрах уравнения) выдерживаются в трех секторах разной ширины независимо от характера соседства.

Значимость рамочных условий, накладываемых геосистемами более высокого ранга, т.е. межурочищных взаимодействий, доказывается зависимостью тесноты связей в пляде от набора соседствующих урочищ, т.е. от структуры геосистемы более высокого ранга. Значимым оказался характер соседства, выраженный вертикальной расчлененностью рельефа, в квадратной окрестности со стороной 330 м. Внутри водораздельного урочища под действием фактора соседства происходит обособление ландшафтных единиц более низкого ранга.

Двучленные отложения способствуют ослаблению независимости фитоценоза от почв по сравнению с чисто супесчаными и песчаными почвами. На двучленных отложениях фациальное варьирование фактора трофности может контролировать сопряженное варьирование ярусов фитоценоза в зависимости от глубины залегания суглинка. Методом кластерного анализа выделены 4 класса почв, которые по диагностическим признакам можно определить как агродерново-подзолистые, мелкоподзолистые, глубокоподзолистые с вложенным субпрофилем альфегумусового подзола и торфянисто-подзолистые. Проведен дискриминантный анализ, где в качестве группирующей переменной выступал класс почв, а в качестве зависимых переменных – свойства всех ярусов фитоценоза. Оказалось, что качество распознавания классов почв по свойствам фитоценоза возрастает на плоской водораздельной поверхности по сравнению с приводораздельными частями склонов.

Таким образом, установлена существенная нестационарность межкомпонентных связей, определяемая степенью дренированности и соседством с другими урочищами.

---

## МЕТОДИКА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

### THE METHODS OF LANDSCAPE-ECOLOGICAL ANALYSIS OF CURRENT STATE OF THE MUNICIPAL DISTRICTS

Михно В.Б., Горбунов А.С., Бевз В.Н., Быковская О.П.  
Mikhno V.B., Gorbunov A.S., Bevz V.N., Bykovskaya O.P.

*gorbunov.ol@mail.ru*

*Воронежский государственный университет, Россия  
Voronezh State University, Voronezh, Russia*

---

**Аннотация.** Проведен ландшафтно-экологический анализ современного состояния муниципальных районов Воронежской области. Для этих целей создана специализированная база данных, разработаны методические подходы к региональному ландшафтно-экологическому анализу территории, подготовлена серия оценочных карт, отражающих пространственную дифференциацию экологических проблем, выявлены группы районов с разными экологическими ситуациями, подготовлена эколого-географическая характеристика муниципальных образований.

**Abstract.** The landscape-ecological analysis of the current state of the municipal districts of Voronezh region was carried out. For this purpose, a specialized database was created, methodical approaches of regional landscape and ecological analysis were developed, a series of assessment maps reflecting the spatial differentiation of environmental problems were prepared, groups of regions with different environmental situations were identified, and the ecological and geographical characteristics of the districts were given.

---

В настоящее время ландшафтно-экологический анализ (ЛЭА) рассматривается как один из важнейших методов изучения природно-экологического потенциала территории, учитывающий структурные и