



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 3 (37). Сентябрь, 2020

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. Е. Веселов
Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов
A. Gugotek B.
J. B. Jakovlev
R. Krasnov
J. P. Kurhinen

Службы поддержки

А. А. Зорина
А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 911.5/9

СООТНОШЕНИЕ И ФАКТОРЫ КОНТИНУАЛЬНОСТИ И ДИСКРЕТНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

БАЙБАР

Анастасия Сергеевна

МГУ им. М. В. Ломоносова, baybaranastasia@yandex.ru

ЧЕРНЕНЬКОВА

Татьяна Владимировна

Институт географии РАН, chernenkova50@mail.ru

ПУЗАЧЕНКО

Михаил Юрьевич

Институт географии РАН, puzak@bk.ru

БЕЛЯЕВА

Надежда Георгиевна

Институт географии РАН, nadejda.beliaeva2012@yandex.ru

Ключевые слова:

континуальность
и дискретность
растительного покрова
ЦЛГБЗ
границы растительного
покрова
эколого-морфологические
группы
рельеф
влажность почвы
гранулометрический состав
почвы

Аннотация: В статье рассмотрено соотношение континуальности и дискретности растительного покрова южно-таежных ландшафтов юга Валдайской возвышенности на примере трансекта длиной 1.72 км (87 точек с шагом описания 20 м), расположенного в ядре Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская область, Россия). На территории исследования сохранились достаточно большие участки лесов, не испытавших антропогенное воздействие и воспроизводящих ход естественных экосистемных процессов. Описания лесных сообществ сгруппированы на основе эколого-фитоценотической классификации, выполнен анализ синтаксонов с использованием диагностических видов с показателем $IndVal$ более чем 25 %. В качестве дифференцирующих факторов со стороны условий экотопа оценены морфометрические показатели рельефа (относительная высота и крутизна склонов), относительная влажность верхнего горизонта почвы и гранулометрический состав почвы. Результаты кластерного анализа состава выделенных синтаксонов способствовали распознаванию дискретных границ между отдельными классами. В целом на рассматриваемом трансекте преобладали дискретные границы (61 %), связанные главным образом с резкими изменениями форм рельефа и, следовательно, влажностью верхнего горизонта почвы. Континуальные границы наблюдаются при незначительных градиентах высоты для переходных сукцессионных состояний сообществ в процессе зарастания вывалов, а также вследствие изменения мощности и характера органоаккумуляции верхней части почвенного профиля и гранулометрического состава его средней и нижних частей. Анализ показал, что для заболоченных слабо дрени-

рованных еловых лесов южно-таежных ландшафтов юга Валдайской возвышенности рельеф и гранулометрический состав почв можно отнести к основным дифференцирующим факторам наземных ярусов растительного покрова.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 9 июля 2020 года

Подписана к печати: 30 сентября 2020 года

Введение

Континуальность и дискретность – два неотъемлемых свойства как ландшафтного покрова, так и растительного, почвенного в частности (Арманд и др., 1969; Komarkova, 1980; Scott, 1995; Van der Maarel, 2005). Они находятся в диалектическом единстве, т. е. их можно рассматривать как дополняющие друг друга: где сильнее выражена непрерывность, дискретность проявляется слабее, и наоборот (Ипатова, Кирикова, 1985а).

Оценка соотношения континуальности и дискретности – один из основных, фундаментальных вопросов. Рассматривая историю его решения, можно выделить несколько этапов. Первый связан с социальным запросом на физико-географическое, геоботаническое, почвенное и другие виды районирования территории, подразумевающие наличие четких однозначных границ. В это время были разработаны способы выделения ландшафтов и их морфологических единиц, в первую очередь базируясь на свойствах морфолитогенной основы и ее генезисе (Хорошев, 2016). Например, ландшафтоведы были убеждены, что существуют однозначно выделяемые, дискретные границы, к которым жестко адаптируются биокосные и биотические компоненты ландшафта (Видина, 1962).

Однако во второй половине XX в. сугубо детерминистические модели перестали удовлетворять большинство исследований. Появились представления о стохастических, опосредованных временем связях между компонентами ландшафта. Следовательно, границы стали рассматриваться не только как однозначные дискретные, но и как размытые, нечеткие континуальные. В это время получили широкое распространение принцип полиструктурности ландшафта, а также представление о разночастотности элементов и компонентов ландшафта (Исаченко, 1997).

На сегодняшний день вопрос о соотношении континуальности и дискретности не потерял своей актуальности и получил дальнейшее развитие благодаря возможности использования новых измерительных при-

боров. Большинство специалистов уже признают тот факт, что всем типам геосистем свойственны различные соотношения континуальности и дискретности в зависимости от физико-географических условий, в которых они находятся (Бакланов, 2015).

Несмотря на то что уже сформировались различные подходы к проведению границ между соседними геосистемами по их характеристикам (Геохимия..., 2012; Дьяконов, 2002; Ипатов, Кирикова, 1985б; Пузаченко, 1997; Ретеюм, 1975; Сысцев, 2002), возникают новые методы, ориентированные в первую очередь на статистическую обработку данных. Одним из таких методов является кластерный анализ, который показал свои возможности при классификации лесной растительности (Zebre, Wirth, 2006; Mills et al., 2011; Lee et al., 2014; Feng et al., 2016).

Цель нашего исследования – оценить соотношение континуальности и дискретности растительного покрова южно-таежных ландшафтов юга Валдайской возвышенности по полевым данным. Для ее реализации поставлены следующие задачи: 1) классификация растительных сообществ; 2) кластерный анализ для уточнения классификации; 3) выявление вариабельности основных дифференцирующих факторов среды (рельеф, влажность верхнего горизонта и гранулометрический состав почвы) и их связи с изменением растительного покрова нижних ярусов.

В работе рассматривается гипотеза, что рельеф является дифференцирующим фактором растительного покрова, т. к. перераспределение тепла и влаги оказывает сильное влияние на эффективность использования лесом фотосинтетически активной радиации (Дьяконов и др., 2017), а следовательно, и на биологическую продуктивность (Байбар, Харитоновна, 2017). Из почвенных характеристик в качестве возможных дифференцирующих факторов оценена относительная влажность верхнего горизонта почвы, т. к. она является прямым индикатором переувлажнения, и гранулометрический состав, от которого зависит наличие водоупоров.

Материалы

Исследование реализовано в естествен-

ных южно-таежных ландшафтах юга Валдайской возвышенности, в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике. Территория исследования представлена тремя типами местностей: озерными и флювиогляциальными равнинами с произрастающими на них бореальными еловыми лесами, моренными грядами (московское оледенение) с южно-таежными лиственно-еловыми лесами (Пузаченко, Козлов, 2007). Широко представлены верховые болота. Территория ядра заповедника является уникальной, т. к. на ней сохранились большие участки еловых лесов, не испытавших антропогенного воздействия, для которых характерны исключительно естественные факторы динамики – ветровалы, охватывающие большие площади, и деятельность насекомых. Так, на выбранной нами территории исследования можно наблюдать за еловыми лесами, воспроизводящими естественный ход восстановительных сукцессий.

Полевые работы выполнены на трансекте длиной 1.72 км (56°30'12" с. ш., 32°56'30" в. д.) регулярным шагом опробования 20 м (87 точек) на площадках размером 5 x 5 м. На каждой точке производилось описание растительности наземных ярусов (А – древесный ярус (генеративные и сенильные особи), В – кустарниковый ярус и подрост (виргинильные деревья, виргинильные и генеративные кустарники высотой 1–10 м); С – травяно-кустарниковый ярус (в том числе имматурные особи деревьев и кустарников ниже 1 м); D – мохово-лишайниковый ярус), бурение почвы (до глубины 1.35 м) с отбором проб из каждого почвенного горизонта и описанием их гранулометрического состава. Относительная влажность верхнего горизонта почвы измерена при помощи почвенного влагомера TDR300 (TDR300..., 2020) в течение короткого временного промежутка (1.5–2 ч), осадков до и в момент измерения не наблюдалось. Съёмка высот рельефа выполнена лазерным нивелиром, на ее основе рассчитана крутизна склонов.

Методы

Выполнена классификация сообществ с учетом преобладающих эколого-морфологических групп (Черненко Т. В., Морозова, 2017). Диагностические виды для групп ассоциаций выделены в программе PC-ORD по методу (Dufrêne, Legendre, 1997). Критерием для расчета служила комбинация показателей частоты встречаемости вида и его

обилия, выраженная через проективное покрытие (%). Виды со значением $IndVal > 25\%$ ($p < 0.005$) рассматривались как диагностические.

Кластеризация групп выполнена Ward методом (Ward's optimal agglomeration method) по показателю активности видов (A) всего видового состава сообществ в пределах выделенных синтаксонов, рассчитанному по формуле $A = \sqrt{FxD}$, где F – относительная встречаемость вида на всех площадках в совокупности описаний, D – среднее значение обилия вида (%) для площадок, где этот вид отмечен (Малышев, 1973). В качестве меры близости между объектами взята корреляция Пирсона.

Влияние на видовой состав растительной группы таких факторов, как влажность верхнего горизонта почвы и рельеф, выявлено при помощи дискриминантного и регрессионного анализа, гранулометрического состава – построения таблиц кросс-табуляции для каждой глубины (от 1 до 5 см глубины – мощность рассматриваемого пласта 1 см, от 5 до 7 см – 2 см, от 7 до 10 см – 3 см, от 10 до 135 см – 5 см) (STATISTICA 12).

Результаты

Описания наземного яруса растительности лесных сообществ сгруппированы на основе эколого-фитоценотической классификации, в ходе которой были выделены 10 групп ассоциаций. В качестве диагностических признаков выделенных синтаксонов служило соотношение эколого-морфологических групп, а также набор диагностических видов (табл. 1). Точность распознавания на основе дискриминантного анализа выделенных синтаксонов по обилию видов равна 90.7 %.

Кластерный анализ показал, что на рассматриваемом трансекте можно выделить несколько классов: 1-й класс включает в себя кустарниковую мелкотравно-зеленомошную и мелкотравно-зеленомошную группы, 2-й – кустарничково-мелкотравную и мелкотравно-широкотравную, 3-й – широкоотравную, 4-й – влажнотравную, 5-й – кустарничковую зеленомошно-сфагновую, кустарничковую мелкотравно-сфагновую, сфагновую, 6-й – травяно-сфагновую группу. Таким образом, полученные нами классы объединяют группы, для которых наблюдается сходная величина показателя активности видов, например, 1-й класс объединяет группы с высокими показателями активности *Hylocomium splendens*, 5-й – *Vaccinium*

Таблица 1. Классификация растительности наземных ярусов вдоль трансекта в ельниках ЦЛГБЗ и значение индикаторных видов (*IndVal* или *IV*) в рамках выделенных групп сообществ

Название группы	Вид (<i>IV</i>)
1. Кустарничковая (мелкотравно)-зеленомошная	<i>Hylocomium splendens</i> (27), <i>Vaccinium myrtillus</i> (25)
2. Мелкотравно-зеленомошная	<i>Luzula pilosa</i> (43), <i>Plagiochila porelloides</i> (34), <i>Sphagnum squarrosum</i> (34), <i>Linnaea borealis</i> (31), <i>Hylocomium splendens</i> (31), <i>Equisetum sylvaticum</i> (25)
3. (Кустарничково)-мелкотравная	<i>Dryopteris carthusiana</i> (27), <i>Oxalis acetosella</i> (26)
4. Мелкотравно-широкотравная	<i>Stellaria holostea</i> (62), <i>Pulmonaria obscura</i> (46), <i>Galeobdolon luteum</i> (42), <i>Sciuro-hypnum curtum</i> (41), <i>Gymnocarpium dryopteris</i> (39), <i>Asarum europaeum</i> (38), <i>Circaea alpina</i> (35), <i>Fragaria vesca</i> (35), <i>Phegopteris connectilis</i> (32), <i>Rubus saxatilis</i> (31), <i>Lonicera xylosteum</i> (31), <i>Ribes nigrum</i> (31), <i>Lathyrus vernus</i> (29), <i>Rubus idaeus</i> (29), <i>Aconitum septentrionale</i> (28), <i>Acer platanoides</i> (28), <i>Athyrium filix-femina</i> (27), <i>Plagiomnium affine</i> (26), <i>Aegopodium podagraria</i> (26), <i>Plagiomnium medium</i> (25)
5. Широкотравная	Группа с единичным описанием объединена с 4-й группой
6. Влажнотравная	<i>Filipendula ulmaria</i> (73), <i>Ranunculus repens</i> (57), <i>Alnus incana</i> (48), <i>Cirsium oleraceum</i> (46), <i>Athyrium filix-femina</i> (43), <i>Chrysosplenium alternifolium</i> (40), <i>Scirpus sylvaticus</i> (40), <i>Stellaria nemorum</i> (40), <i>Climacium dendroides</i> (38), <i>Lysimachia vulgaris</i> (36), <i>Alnus incana</i> (31)
7. Кустарничковая зеленомошно-сфагновая	<i>Melampyrum pratense</i> (50), <i>Rosa majalis</i> (33), <i>Picea abies</i> (31), <i>Vaccinium myrtillus</i> (30), <i>Sphagnum russowii</i> (29), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (28), <i>Pleurozium schreberi</i> (20)
8. Кустарничково-(мелкотравно)-сфагновая	<i>Sphagnum girgensohnii</i> (43), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (32), <i>Vaccinium myrtillus</i> (21)
9. Сфагновая	<i>Polytrichum commune</i> (35), <i>Picea abies</i> (20), <i>Salix caprea</i> (20), <i>Sphagnum girgensohnii</i> (19)
10. Травяно-сфагновая	Группа с единичным описанием объединена с 6-й группой

Примечание. В скобках указана величина индикаторного значения вида (*IndVal* или *IV*). Указаны только виды со значением *IndVal* > 25 % ($p < 0.005$).

myrtillus, *V. vitis-idaea*, *Sphagnum girgensohnii* и т. д. Соответственно, границу между группами ассоциаций в пределах одного класса на основе сходства видового состава можно считать континуальной, т. к. результаты кластерного анализа показывают, что у соседних групп схожий набор диагностических видов с почти одинаковым показателем активности, а между разными классами – дискретный. В первую очередь это касается сообществ, имеющих переходный пространственно-временной статус и отнесенных к следующему синтаксону: мелкотравно-зе-

леномошной (2), кустарничково-мелкотравной (3) и мелкотравно-широкотравной (4) группам ассоциаций.

Выявленная строгая упорядоченность классов ассоциаций на трансекте (рис. 1) позволяет нам выделить резкие и плавные границы между кластерами наземной растительности на трансекте. Например, граница между мелкотравно-зеленомошной и влажнотравной группами отнесена к дискретным (84–85 точка трансекта), т. к. на соседних точках описаний разный набор диагностических видов. А между кустарничковой

мелкотравно-сфагновой и кустарничковой зеленомошно-сфагновой – континуальной (54–55 точка) ввиду близкой величины показателя активности основных видов. Таким образом, анализ сменяемости синтаксонов

разного уровня – групп и классов – показал, что на рассматриваемом участке исследования можно выделить 57 границ, из которых 35 (61 %) являются дискретными и 22 континуальными (39 %) (см. рис. 1).

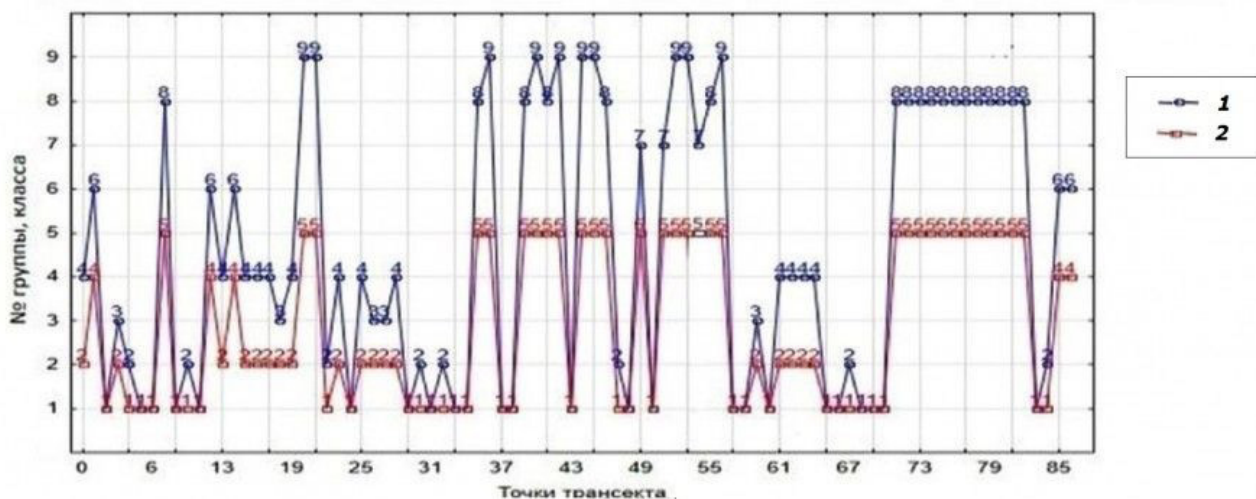


Рис. 1. Расположение групп ассоциаций (1), выделенных на основе эколого-фитоценотической классификации и полученных в результате кластерного анализа классов растительности (2).

Группы: 1 – кустарничковая (мелкотравно)-зеленомошная, 2 – мелкотравно-зеленомошная, 3 – (кустарничково)-мелкотравная, 4 – мелкотравно-широколистная и широколистная, 6 – влажно-травная и травяно-сфагновая, 7 – кустарничковая зеленомошно-сфагновая, 8 – кустарничково-мелкотравно-сфагновая, 9 – сфагновая. Классы: 1 – 1-я и 2-я группы; 2 – 3, 4, 5-я группы; 4 – 6-я и 10-я группы; 5 – 7, 8, 9-я группы

Fig. 1. The location of vegetation groups (1) selected based on ecological-phytocenotic classification, and classes (2) obtained from cluster analysis. Groups: 1 – dwarf shrubs – (small herb) – green moss, 2 – small herb – green moss, 3 – (dwarf shrubs) – small herb, 4 – small herb – broad herb and broad herb, 6 – moist herb and herb – sphagnum, 7 – dwarf shrubs – green moss – sphagnum, 8 – dwarf shrubs – small herb – sphagnum, 9 – sphagnum. Classes: 1 – 1, 2 group; 2 – 3, 4, 5 group; 4 – 6, 10 group; 5 – 7, 8, 9 group

Для проверки гипотезы значимости рельефа в качестве дифференцирующего фактора растительного покрова были рассчитаны коэффициенты детерминации от индикационных видов наземного яруса, а также выполнен дискриминантный анализ для установления возможности оценки точности распознавания растительной группы такими показателями, как относительная высота точки описаний (за 0 принят уровень дна местного водотока – р. Межи), крутизна склонов и влажность верхнего горизонта почвы.

Множественный регрессионный анализ показал тесную связь обилия индикационных видов и характеристик рельефа. В частности, характеристики видов травяно-кустарничкового и мохового ярусов с высокими показателями *IndVal* наилучшим образом (более чем на 50 % ($R^2 = 0.7231$)) связаны с величиной относительной высоты точки описания. Чуть

хуже проявляется связь с крутизной склонов ($R^2 = 0.4532$) и влажностью верхнего горизонта почвы ($R^2 = 0.5807$).

При помощи дискриминантного анализа выявлено, что статистически достоверно группы различаются только по относительной высоте ($F = 3.5526$, $p = 0.0023$) (рис. 2а) и влажности верхнего горизонта почвы ($F = 3.81$, $p = 0.0076$) (рис. 2б). Результаты дискриминантного анализа по равным вероятностям для групп показали, что суммарный процент распознавания растительных групп составляет 27.1 %, при этом кустарничковая зеленомошно-сфагновая группа диагностируется на 100 %, кустарничково-мелкотравно-сфагновая – на 66.7 %, влажнотравная – на 60 %, кустарничково-мелкотравная – на 40 %, сфагновая – на 20 %, остальные не распознаются.

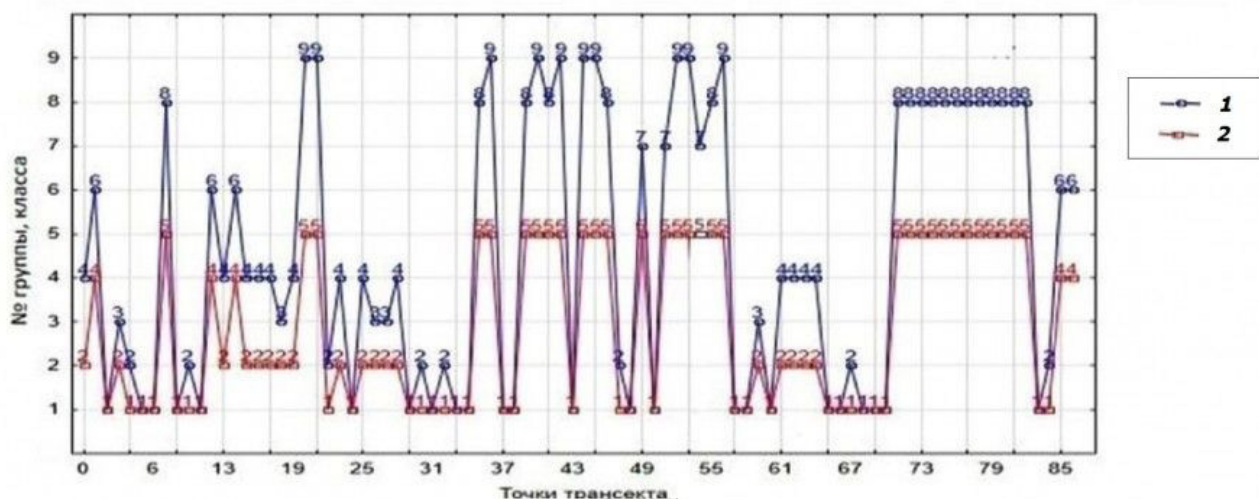


Рис. 2. Диаграмма размаха: сгруппированные по группам растительности а) относительная высота, б) влажность верхнего горизонта почвы. Группы: 1-я - кустарничковая (мелкотравно)-зеленомошная, 2-я – мелкотравно-зеленомошная, 3-я – (кустарничково)-мелкотравная, 4-я – мелкотравно-широкоотравная и широкоотравная, 6-я – влажнотравная и травяно-сфаговая, 7-я – кустарничковая зеленомошно-сфаговая, 8-я – кустарничково-(мелкотравно)-сфаговая, 9-я – сфаговая. 1 – среднее значение, 2 – среднее \pm стандартная ошибка, 3 – среднее \pm 2 стандартных отклонения, 4 – выбросы

Fig. 2. Box plot: arranged by vegetation groups a) relative elevation; b) humidity of the upper soil horizon. Groups: 1 – dwarf shrubs – (small herb) – green moss, 2 – small herb – green moss, 3 – (dwarf shrubs) – small herb, 4 – small herb – broad herb and broad herb, 6 – moist herb and herb – sphagnum, 7 – dwarf shrubs – green moss – sphagnum, 8 – dwarf shrubs – small herb – sphagnum, 9 – sphagnum. 1 – Mean, 2 – Mean \pm SE, 3 – Mean \pm 2SD, 4 – Outliers

Для оценки связи характера растительного покрова и свойств почв разных горизонтов были проанализированы таблицы кросстабуляции, где в строках отражаются группы растительности, в колонках – встречаемость того или иного гранулометрического состава слоя почв на разной глубине. Выявлено, что кустарничковая мелкотравно-зеленомошная, мелкотравно-зеленомошная, мелкотравная, мелкотравно-широкоотравная и влажнотравная группы преимущественно встречаются на почвах с преобладанием легкого суглинка с глубиной залегания до 40 см и супеси – от 45 до 135 см.

В итоге выявлены следующие закономерности связи растительности выделенных синтаксонов с почвами определенного гранулометрического состава. Во-первых, только мелкотравно-широкоотравная группа произрастает на почвах с грубым гумусом (мор) мощностью до 15 см. Во-вторых, группы хорошо дифференцируются по мощности торфа почвенного горизонта: наиболее частое распространение кустарничковой мелкотравно-сфаговой группы соответствует местообитаниям с сильно разложившимся торфом до 30 см, сфаговой и кустарничковой зеленомошно-сфаговой – до 25 см, кустарничковой мелкотравно-зеленомошной – до

15 см. В-третьих, наличие тяжелого суглинка в почвенных горизонтах зафиксировано в местообитаниях влажнотравной группы (на глубине почвенного горизонта в диапазоне 60–75 см), а также кустарничковой мелкотравно-сфаговой (100–135 см), кустарничковой мелкотравно-зеленомошной (105–135 см) и сфаговой (130–135 см). В то же время на пониженных участках рельефа в конце трансекта отмечается наличие речного и крупнозернистого песка у кустарничково-мелкотравной группы (от 115 см), мелкотравно-широкоотравной (от 125 см) (рис. 3).

Распознавание групп растительности от гранулометрического состава на основе дискриминантного анализа составляет 70.6 %. Лучше всего диагностируется кустарничково-зеленомошно-сфаговая группа (100 %), мелкотравно-зеленомошная и влажнотравная (по 75 %), кустарничково-зеленомошная, мелкотравно-широкоотравная, кустарничково-зеленомошно-сфаговая и сфаговая (по 70 %), хуже всего – кустарничково-мелкотравная (40 %).

Анализ совместного влияния рельефа (относительная высота), влажности верхнего горизонта почвы и гранулометрического состава почвы показал, что распространение выделенных синтаксонов тесно связано с

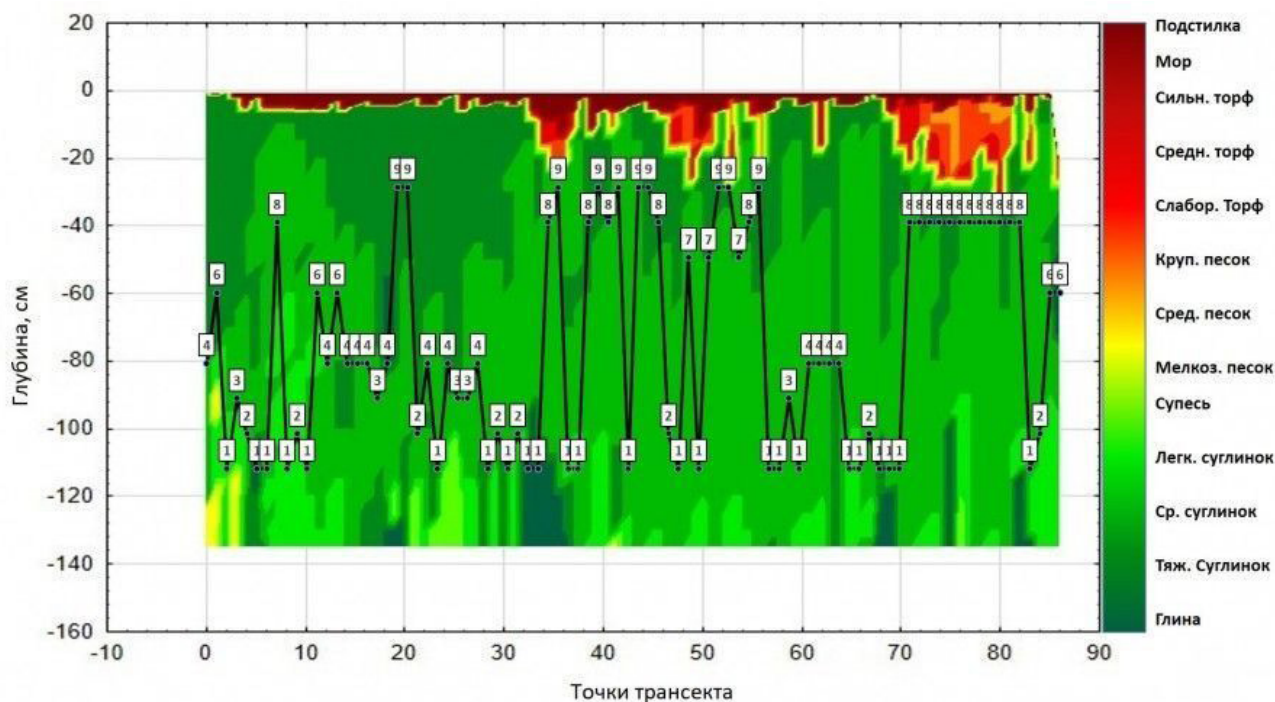


Рис. 3. Зависимость между группами растительности и гранулометрическим составом почвы. Группы: 1 – кустарничковая (мелкотравно)-зеленомошная, 2 – мелкотравно-зеленомошная, 3 – (кустарничково)-мелкотравная, 4 – мелкотравно-широкотравная и широкотравная, 6 – влажнотравная и травяно-сфагновая, 7 – кустарничковая зеленомошно-сфагновая, 8 – кустарничково-(мелкотравно)-сфагновая, 9 – сфагновая

Fig. 3. The dependence between groups of vegetation and granulometric composition of soil. Groups: 1 – dwarf shrubs – (small herb) – green moss, 2 – small herb – green moss, 3 – (dwarf shrubs) – small herb, 4 – small herb – broad herb and broad herb, 6 – moist herb and herb – sphagnum, 7 – dwarf shrubs – green moss – sphagnum, 8 – dwarf shrubs – small herb – sphagnum, 9 – sphagnum

данными характеристикам. А классификация способна распознать растительность на 80 % (табл. 2). Из табл. 2 следует, что все группы растительности по набору рассматриваемых нами характеристик местообитания правильно определяются более чем в 40 % случаев. При этом кустарничково-мелкотравная группа достаточно часто определяется как кустарничковая (мелкотравно)-зеленомошная, мелкотравно-широкотравная или сфагновая группа (по 20 % случаев), влажнотравная – как сфагновая (25 % случаев), мелкотравно-зеленомошная – как мелкотравно-широкотравная и сфагновая (по 12.5 % случаев).

Заключение

В результате выполненных исследований можно сделать несколько выводов.

1. Вопрос континуальности и дискретности растительного покрова – это не только вопрос масштаба, как установили многие геоботаники и ландшафтоведы (Кафанов, 2005, 2006; Кузяхметов, 2008; Хорошев, 2014, 2016), но и вопрос метода. Для вы-

полнения качественной классификации необходимо перебирать разные метрики и контролировать семантику выделяемых классов. Использование статистических методов, в частности кластерного анализа (Ward's method) по корреляции Пирсона, позволяет выделить четкие резкие границы при распределении растительности наземного покрова в условиях южно-таежного ландшафта заповедной территории.

2. Связь рельефа, влажности верхнего горизонта почвы и выделенных групп растительности неоднозначна. Регрессионный анализ показал, что рельеф и влажность почвы более чем на 50 % диагностируются показателями обилия индикаторных видов трав и мхов. Также в результате дискриминантного анализа установлено, что группы могут статистически достоверно быть различимы по данным показателям. При этом хорошо диагностируются только кустарничково-зеленомошно-сфагновая, кустарничково-мелкотравно-сфагновая и влажнотравная группы, т. е.

Таблица 2. Качество распознавания групп растительности факторами среды – рельефом (относительной высотой), влажностью верхнего горизонта почвы и гранулометрическим составом почвы (процент распознавания группы)

№	Группы растительности								
	1	2	3	4	6	7	8	9	
1	79.2	4.2	12.5	0	0	4.2	0	0	
2	0	75	0	12.5	0	0	0	12.5	
3	20	0	40	20	0	0	0	20	
4	16.7	0	0	83.3	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	75	0	0	25	
7	0	0	0	0	0	100	0	0	
8	5.6	0	0	0	5.6	0	88.9	0	
9	0	0	10	10	0	0	0	80	

сообщества с ярко выраженными условиями местообитания и специфическим набором видов.

3. Анализ таблиц кросс-табуляции показал, что группы растительности приурочены к местообитаниям с определенным гранулометрическим составом почвы. Например, для кустарничковой мелко-травно-сфагновой и близкой к ней кустарничковой мелко-травно-зеленомошной групп характерно наличие в верхнем почвенном горизонте слоя торфа мощностью 20–30 см и тяжелого суглинка от 100 см до конца почвенного разреза, мелко-травно-широко-травная преимущественно дифференцируется почвами с мором мощностью до 15 см и тяжелым суглинком от 120 до 135 см, влажнотравная – с тяжелым суглинком на глубине от 60 см и т. д. Все это свидетельствует, что гранулометрический состав почвы может быть рассмотрен как один из факторов дифференциации растительного покрова. Это утверждение также подтверждается дискриминантным анализом.

4. Совместное рассмотрение рельефа по показателю относительной высоты,

влажности верхнего горизонта почвы и гранулометрического состава позволяет с точностью 80 % выявить связь с типом наземного покрова.

Таким образом, для заболоченных слабо дренированных еловых лесов южно-таежных ландшафтов Валдайской возвышенности рельеф можно отнести к дифференцирующим факторам наземных ярусов растительного покрова, т. к. он определяет степень и характер увлажнения. Этот факт также подтверждается высокими показателями связи групп растительности и влажности верхнего горизонта почвы. Все это свидетельствует, что дискретные границы на изучаемой территории связаны с резкими перегибами рельефа, а следовательно, с изменениями уровня грунтовых вод и типа увлажнения. Континуальные границы наблюдаются при незначительных градиентах высоты для переходных сукцессионных состояний сообществ в процессе зарастания вывалов, а также вследствие изменения мощности и характера органоаккумуляции верхней части почвенного профиля и гранулометрического состава его средней и нижних частей.

Библиография

- Арманд Д. Л., Преображенский В. С., Арманд А. Д. Природные комплексы и современные методы их изучения // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1969. № 5. С. 5–16.
- Байбар А. С., Харитонов Т. И. Методические подходы к оценке продуктивности лесных экосистем (на примере ландшафтов Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника) // Landscape dimensions of sustainable development: science-planning-governance: Proceedings of international conference Dedicated to the 70th Anniversary of professor Nikolaz (Niko) Beruchashvili. Tbilisi, Georgia, 2017. С. 613–619.
- Бакланов П. Я. Подходы и основные принципы структуризации географического пространства // Известия Российской академии наук. Сер. геогр. 2015. № 5. С. 7–18.
- Видина А. А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиями. М.: МГУ, 1962. 120 с.
- Геохимия ландшафтов и география почв / Под ред. Н. С. Касимова, М. И. Герасимовой. М.: АПР, 2012.

600 с.

- Дьяконов К. Н. Взаимодействие структурного, эволюционного и функционального направлений в ландшафтных исследованиях // Вестник Московского университета. Сер. 5: геогр. 2002. № 11. С. 13–21.
- Дьяконов К. Н., Байбар А. С., Харитонов Т. И. Внутривековая динамика эффективности использования лесами Мещеры фотосинтетически активной радиации // Вестник Московского университета. Сер. 5: геогр. 2017. № 5. С. 12–23.
- Ипатов В. С., Кирикова Л. А. К вопросу о континууме и дискретности растительного покрова // Ботанический журнал. 1985а. Т. 70. № 7. С. 885–895.
- Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Статистический анализ квантованности растительного покрова // Ботанический журнал. 1985б. Т. 70. № 2. С. 255.
- Исаченко Г. А. Дискретность и континуальность в теории ландшафтоведения // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов: Тезисы X ландшафтной конференции. М.; СПб., 1997. С. 23–25.
- Кафанов А. И. Континуальность и дискретность геомериды: биономический и биотический аспекты // Журнал общей биологии. 2005. Т. 66. № 1. С. 28–54.
- Кафанов А. И. Континуальность и дискретность живого покрова: проблема масштаба // Журнал общей биологии. 2006. Т. 67. № 4. С. 311–313.
- Кузяхметов Г. Г. Непрерывность и дискретность в разных масштабах пространственной организации почвенных водорослей // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Петрозаводск, 2008. С. 55.
- Малышев Л. И. Флористическое районирование на основе количественных признаков // Ботанический журнал. 1973. Т. 58. № 11. С. 1581–1588.
- Пузаченко Ю. Г. Приложения теории фракталов к изучению ландшафтов // Известия РАН. 1997. № 2. С. 24–40.
- Пузаченко Ю. Г., Козлов Д. Н. Геоморфологическая история развития региона. Комплексные исследования в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике: их прошлое, настоящее и будущее // Материалы совещания: Труды Центрально-Лесного заповедника. Вып. 4. Тула: Гриф и К, 2007. С. 125–159.
- Ретеюм А. Ю. Физико-географическое районирование и выделение геосистем // Вопросы географии. Вып. 98. Количественные методы изучения природы. М.: Мысль, 1975. С. 5–27.
- Сысуев В. В. Структурообразующие геосистемные процессы: характерные масштабы и моделирование // Вестник Московского университета. Сер. 5: геогр. 2002. С. 22–28.
- Хорошев А. В. К дискуссии о неоландшафтоведении: детерминированность, полимасштабность, полиструктурность // Известия Русского географического общества. 2014. Т. 146. № 4. С. 58–69.
- Хорошев А. В. Полимасштабная организация географического ландшафта. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 416 с.
- Черненко Т. В., Морозова О. В. Классификация и картографирование ценотического разнообразия лесов // Лесоведение. 2017. № 4. С. 243–255.
- Dufrêne M and Legendre P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach // Ecological Monographs. 1997. P. 345–366.
- Feng J. et al. Dynamic assessment of forest resources quality at the provincial level using AHP and cluster analysis // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 124. P. 184–193.
- Komarkova V. Classification and ordination in the indian peaks area, Colorado rocky mountains // Classification and Ordination. Springer, Dordrecht, 1980. P. 149–163.
- Lee J. M., Hwang K. M., Kim J. H. The classification of forest by cluster analysis in the natural forest of the southern region of Baekdudaegan Mountains // Journal of Korean Society of Forest Science. 2014. Vol. 103 (1). P. 12–22.
- Mills R. T. et al. Cluster analysis-based approaches for geospatiotemporal data mining of massive data sets for identification of forest threats // Procedia Computer Science. 2011. Vol. 4. P. 1612–1621.
- Scott D. Vegetation: a mosaic of discrete communities, or a continuum? // New Zealand Journal of Ecology. 1995. P. 47–52.
- Van der Maarel E. Vegetation ecology – an overview // Vegetation ecology. 2005. P. 1–51.
- Zerbe S., Wirth P. Non-indigenous plant species and their ecological range in Central European pine (*Pinus sylvestris* L.) forests // Annals of Forest Science. 2006. Vol. 63 (2). P. 189–203.
- TDR300 Soil Moisture Meter. Product Manual // Агрола. Лабораторное оборудование для сельского хозяйства. URL: <http://www.agrolla.ru/userfiles/file/Spectrum/ManualTDR300.pdf> (дата обращения: 25.06.2020).

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-17-00129, ГЗ ИГ РАН. Авторы выражают благодарность коллегам, принявшим участие в отборе и анализе почвенных образцов (Р. Б. Сандлерский, А. А. Чмыхов, А. Н. Кренке) и описании растительности (В. Кренке), а также В. Э. Федосову за определение мохообразных.

RATIO AND FACTORS OF CONTINUITY AND DISCRETENESS OF VEGETATION COVER ON THE EXAMPLE OF SOUTHERN TAIGA LANDSCAPES OF THE VALDAI HILLS

BAIBAR

Anastasia Sergeevna

Lomonosov Moscow State University, baybaranastasia@yandex.ru

CHERNENKOVA

Tatyana Vladimirovna

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, chernenkova50@mail.ru

PUZACHENKO

Mikhail Yuryevich

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, puzak@bk.ru

BELYAEVA

Nadezhda Georgievna

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, nadejda.believa2012@yandex.ru

Keywords:

continuity and
discreteness of vegetation
vegetation boundaries
Central Forest State
Biosphere Reserve
ecological and
morphological groups
landforms
soil moisture
granulometric composition
of soil

Summary: The article considers the ratio of continuity and discreteness of vegetation cover in the southern taiga landscapes of the South of Valdai hills on the example of a 1.72 km long transect (87 points with a description step of 20 m) located in the core of the Central forest state natural biosphere reserve (Tver region, Russia). On the territory of the study, quite large areas of forests that have not experienced anthropogenic impact and reproduce the course of natural ecosystem processes have been preserved. Descriptions of forest communities are grouped based on ecological and phytocenotic classification, and syntaxones are analyzed using diagnostic species (species with IndVal > 25 %). Morphometric parameters of the relief (relative height and steepness of slopes), relative humidity of the upper soil horizon, and granulometric composition of the soil were evaluated as differentiating factors from the ecotope conditions. The results of cluster analysis of the composition of selected syntaxons contributed to the recognition of discrete boundaries between individual classes. In general, on transect in question, discrete boundaries (61%) dominated, mainly associated with sharp changes in landforms and, consequently, the humidity of the upper soil horizon. Continuous boundaries were observed at insignificant height gradients for transitional successional states of communities. It occurred in the process of overgrowth of dumps, as well as due to changes in the capacity and nature of organoaccumulation of the upper part of the soil profile and the granulometric composition of its middle and lower parts. The analysis showed that for swampy poorly drained spruce forests of the southern taiga landscapes of the South of Valdai hills, the relief and granulometric composition of soils can be attributed to the main differentiating factors of ground tiers of vegetation cover.

Received on: 09 July 2020

Published on: 30 September 2020

References

- Armand D. L. Preobrazhenskiy V. S. Armand A. D. Natural complexes and modern methods of their study, *Izvestiya AN SSSR. Ser. geogr.* 1969. No. 5. P. 5–16.
- Baklanov P. Ya. Approaches and basic principles of geographic space structuring, *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Ser. geogr.* 2015. No. 5. P. 7–18.
- Baybar A. S. Haritonova T. I. Methodological approaches to assessing the productivity of forest ecosystems (on the example of landscapes in Central Forest State Natural Biosphere Reserve), *Landscape dimensions of sustainable development: science-planning-governance: Proceedings*

- of international conference Dedicated to the 70th Anniversary of professor Nikolaz (Niko) Beruchashvili. Tbilisi, Georgia, 2017. P. 613–619.
- Chernen'kova T. V. Morozova O. V. Classification and mapping of coenotic diversity of forests, *Lesovedenie*. 2017. No. 4. P. 243–255.
- D'yakonov K. N. Baybar A. S. Haritonova T. I. Intra-century dynamics of using photosynthetically active radiation efficiency in Meshchera forests, *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Ser. 5: geogr. 2017. No. 5. P. 12–23.
- D'yakonov K. N. Interaction of structural, evolutionary and functional directions in landscape research, *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Ser. 5: geogr. 2002. No. 11. P. 13–21.
- Dufrène M and Legendre P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach, *Ecological Monographs*. 1997. P. 345–366.
- Feng J. et al. Dynamic assessment of forest resources quality at the provincial level using AHP and cluster analysis, *Computers and Electronics in Agriculture*. 2016. Vol. 124. P. 184–193.
- Geochemistry of Landscapes and Geography of Soils*, Pod red. N. P. Kasimova, M. I. Gerasimovoy. M.: APR, 2012. 600 p.
- Horoshev A. V. On the discussion of neolandscape studies: determinacy, poly-scale, polystructural character, *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2014. T. 146. No. 4. P. 58–69.
- Horoshev A. V. Poly-scale organization of geographic landscape. M.: *Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK*, 2016. 416 p.
- Ipatov V. S. Kirikova L. A. On the issue of continuum and discreteness of vegetation cover, *Botanicheskiy zhurnal*. 1985a. T. 70. No. 7. P. 885–895.
- Ipatov V. S. Kirikova L. A. Statistical analysis of vegetation quantization, *Botanicheskiy zhurnal*. 1985b. T. 70. No. 2. P. 255.
- Isachenko G. A. Discreteness and continuity in the theory of landscape science, *Struktura, funkcionirovanie, evolyuciya prirodnih i antropogennyh landshaftov: Tezisy X landshaftnoy konferencii*. M.; SPb., 1997. P. 23–25.
- Kafanov A. I. Continuity and discreteness of geomerida: bionomic and biotic aspects, *Zhurnal obschey biologii*. 2005. T. 66. No. 1. P. 28–54.
- Kafanov A. I. Continuity and discreteness of the living cover: the problem of scale, *Zhurnal obschey biologii*. 2006. T. 67. No. 4. P. 311–313.
- Komarkova V. Classification and ordination in the indian peaks area, Colorado rocky mountains, *Classification and Ordination*. Springer, Dordrecht, 1980. P. 149–163.
- Kuzyahmetov G. G. Continuity and discreteness at different scales of the spatial organization of soil algae, *Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka*. Petrozavodsk, 2008. P. 55.
- Lee J. M., Hwang K. M., Kim J. H. The classification of forest by cluster analysis in the natural forest of the southern region of Baekdudaegan Mountains, *Journal of Korean Society of Forest Science*. 2014. Vol. 103 (1). P. 12–22.
- Malyshev L. I. Floristic zoning based on quantitative traits, *Botanicheskiy zhurnal*. 1973. T. 58. No. 11. P. 1581–1588.
- Mills R. T. et al. Cluster analysis-based approaches for geospatiotemporal data mining of massive data sets for identification of forest threats, *Procedia Computer Science*. 2011. Vol. 4. P. 1612–1621.
- Puzachenko Yu. G. Kozlov D. N. Geomorphological history of regional development. Integrated research in the Central Forest State Natural Biosphere Reserve: their past, present and future, *Materialy soveschaniya: Trudy Central'no-Lesnogo zapovednika*. Vyp. 4. Tula: Grif i K, 2007. P. 125–159.
- Puzachenko Yu. G. Applications of the theory of fractals to the study of landscapes, *Izvestiya RAN*. 1997. No. 2. P. 24–40.
- Reteyum A. Yu. Physical-geographical regionalization and identification of geosystems, *Voprosy geografii*. Vyp. 98. *Kolichestvennye metody izucheniya prirody*. M.: Mysl', 1975. P. 5–27.
- Scott D. Vegetation: a mosaic of discrete communities, or a continuum?, *New Zealand Journal of Ecology*. 1995. P. 47–52.
- Sysuev V. V. Structure-forming geosystem processes: characteristic scales and modeling, *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Ser. 5: geogr. 2002. P. 22–28.
- TDR300 Soil Moisture Meter. Product Manual, Agrola. Laboratornoe oborudovanie dlya sel'skogo hozyaystva. URL: <http://www.agrolla.ru/userfiles/file/Spectrum/ManualTDR300.pdf> (data obrascheniya: 25.06.2020).
- Van der Maarel E. Vegetation ecology – an overview, *Vegetation ecology*. 2005. P. 1–51.
- Vidina A. A. Guidelines for large-scale field landscape research. M.: MGU, 1962. 120 p.
- Zerbe S., Wirth P. Non-indigenous plant species and their ecological range in Central European pine (*Pinus sylvestris* L.) forests, *Annals of Forest Science*. 2006. Vol. 63 (2). P. 189–203.