

## Структура и картографирование дюнно-карстовых ландшафтов зандровых равнин Вятско-Камского Предуралья

© 2011. А. С. Матушкин, аспирант, А. М. Прокашев, д.г.н., зав. кафедрой,  
Вятский государственный гуманитарный университет,  
e-mail: matushkin-as@yandex.ru

Статья посвящена проблемам структуры и картографирования дюнно-карстовых ландшафтов задровых равнин Вятско-Камского региона. Памятник природы «Медведский бор» в долине средней Вятки рассматривается как локальная модель задров. Составлена схема типологической классификации дюнно-карстового ландшафта. При помощи GPS-картографирования создана ландшафтная карта ключевого участка №4 в закарстованном районе Медведского бора и легенда к ней. Приведены результаты математического анализа сложности и разнообразия рисунка дюнно-карстового ландшафта задровых равнин, а также формы ландшафтных контуров.

The article is about research problem of structure and mapping of dune-karst landscapes of sandy plains in Vyatka-Kama region. The natural sanctuary «Medvedsky bor» in a valley in the mid Vyatka river is considered as local model of sandy plains. The scheme of typological classification of dune-karst landscape is made. The detailed landscape map and a legend to it of a key site №4 in karst area of the Medvedsky bor are created with the help of gps-mapping. Results of the mathematical analysis of complexity and a variety of drawing dune-karst landscape of sandy plains and also the landscape contours form are presented.

Ключевые слова: задровая равнина, дюнно-карстовый мезорельеф, структура ландшафтов, ландшафтный рисунок, сложность и разнообразие ландшафта, форма ландшафтных контуров

Key words: sandy plain, the dune-karst mezorelief, landscape structure, landscape drawing, complexity and variety of landscape, the form of landscape contours

Зандровые равнины на территории Европейской России протягиваются в субширотном направлении вдоль границ максимального и московского оледенений от р. Припять (Белорусское Полесье) до Урала, пересекая и Кировскую область. На территории Вятско-Камского Предуралья песчаные отложения мощностью 2–7 м формируют Верхневятскую, Средневятскую (Котельничскую), Кильмезскую и другие низины, имеющие водно-ледниковую и аллювиально-озёрную природу [1]. К категории задровых равнин нам представляется возможным относить также надпойменные речные террасы Вятки и других крупных рек с мощным чехлом четвертичных песчаных отложений (до 33,8 м [2] в долине р. Вятки у п. Медведок). Изучение задров Вятско-Камского Предуралья до сих пор носило фрагментарный, избирательный характер. Как правило, это исключительно ботанические исследования, начавшиеся ещё с конца XIX века [3] и продолжающиеся по настоящее время [4], редко – почвенные работы пионерного характера [5] и работы, посвящённые карстовым проявлениям [6], в том числе гидрохимии карстовых озёр [7]. Изуче-

нием эоловых форм рельефа задровых равнин региона ещё в начале XX века занимался А. В. Хабаков [8].

В качестве эталонного участка для изучения ландшафтной структуры и почвенного покрова долинных задров Вятско-Камского Предуралья нами выбран памятник природы (с 1981 г.) «Медведский бор» площадью 6821,05 га, входящий в состав Медведского лесничества Нолинского лесхоза и расположенный в пределах надпойменных террас (н.т.) нижнего течения р. Вятки. Зандры Медведского бора обладают всеми основными чертами подобных равнин, в том числе реликтовыми эоловыми дюнно-бугристыми образованиями, которые сформировались в перигляциальных условиях, а в голоцене были закреплены лесной растительностью. Структуру и рисунок ландшафтов района исследований делают ещё более сложной карстовые процессы на его территории.

В период 2008–2009 гг. была определена структура [9] и произведено GPS-картографирование ландшафтов 3 ключевых участков (к.у.) Медведского бора в пределах трансекты исследований, пересекающей II,

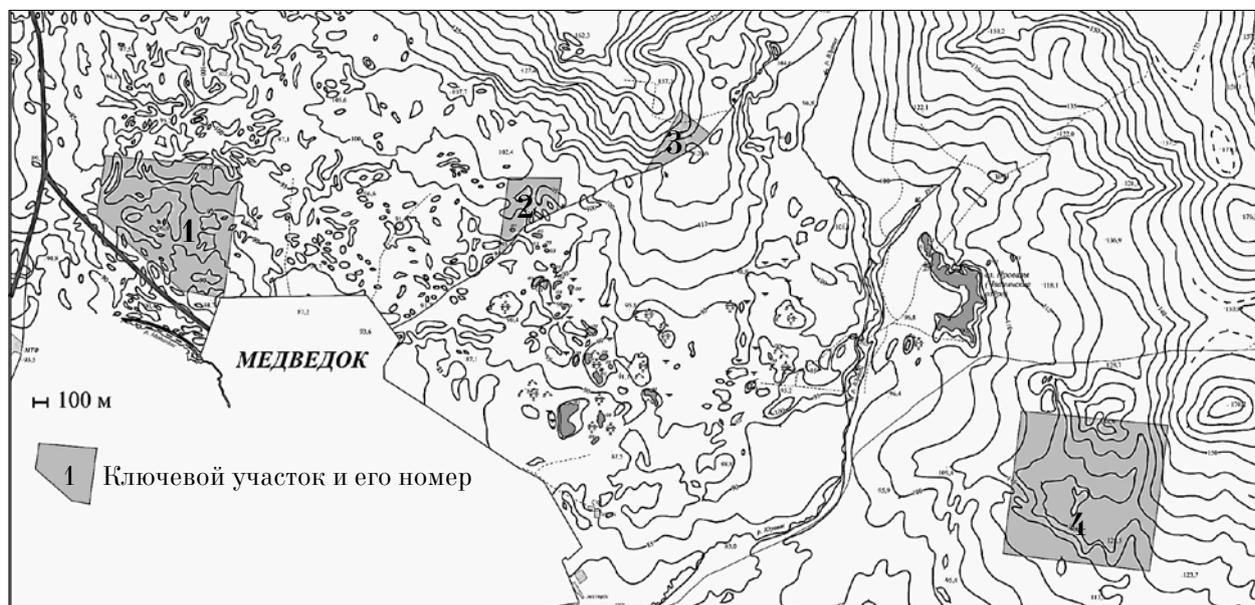


Рис. 1. Ключевые участки Медведского бора

III н.т. р. Вятки и примыкающий к ним комплекс аллювиально-флювиогляциальных отложений. В 2010 г. аналогичные работы проведены для к.у. № 4 со сложной ландшафтной структурой в закарстованном левобережье р. Юртик (рис. 1).

Ключевой участок №4 занимает площадь 107 га в 88 квартале Медведского бора и имеет абсолютные высоты 110–145 м. Общий уклон поверхности участка – с северо-востока на юго-запад. Горизонталы на топокарте масштаба 1:10000 сильно изогнутой формы, очерчивают самые обширные котловины (см. рис. 1). В геологическом отношении участок представляет собой древнеаллювиально-водноледниковую равнину с достаточной мощностью песков для образования дюн высотой до 4 м. Северо-восточный угол участка, занятый склоном водораздела, формируют элювиально-делювиальные отложения [2]. На ключевом участке закартированы 154 дюны, средней протяжённостью 79 м. Соответственно плотность дюн на участке составила 1,4 дюны/га, или, с учётом средней длины одной дюны, 113,7 м дюн/га, что ниже, чем на 1 и 2 ключевых участках. Большинство дюн участка параболические, высотой, как правило, не более 2–4 м, с направлением острия дюнной дуги на северо-восток и север, что свидетельствует об их образовании под действием ветров южных румбов. Дюны разделяют междюнные котловины округлой или реже 8-образной формы. Средняя площадь таких котловин 250 м<sup>2</sup>, а глубина до 4 м. Как и в случае других участков, характерна склоновая асим-

метрия: прикотловинный склон крутой – 15–20°, а противоположный – более пологий – около 10°. Кроме параболических, на участке имеются и спрямлённые дюны, вытянутые обычно в юго-восточном направлении, а также полуциркульные и циркульные эоловые формы. Последних на участке насчитывается 9, со средним диаметром по большой оси 64,7 м (от 42 до 98 м), что несколько уступает аналогичному показателю для первых двух к.у. В центре таких образований расположены небольшие котловины глубиной 2–3 м. Большинство дюн 4 участка, аналогично участку №1, соединены в мощные гряды, протягивающиеся в юго-восточном направлении часто через всю территорию участка на длину от 169 до 1474 м. На участке насчитывается 5 таких гряд, разделяющих обширные дюнно-карстовые котловины неправильной формы, около 10 м глубиной и площадью от 9 до 16 га.

Карст ключевого участка № 4 проявляется не только как сопутствующий бывшему эоловому развеванию песков процесс при формировании протяжённых дюнно-карстовых котловин, но и непосредственно – в виде суффозионных воронок конусообразной формы, нередко соединённых друг с другом. Карстующимися породами района исследования являются известняки и гипсы казанского яруса, образовавшиеся в водах тёплого мелководного моря верхней перми и получившие повышенную трещиноватость благодаря неоген-четвертичным поднятиям зоны Вятского вала [6]. Суффозии подвергаются и отложения пермских песчаников, вскрытые

в средних частях склонов ряда воронок участка. Цепочки карстовых воронок закартированы в западной части ключевого участка и преимущественно ориентированы, как и дюнные цепи с разделяющими их дюнно-карстовыми котловинами, с северо-запада на юго-восток, иногда поворачивая к югу, в целом повторяя направление современного русла р. Вятки. Такая ориентировка воронок согласуется с общим характером их простираения для Медведского бора и, по мнению А. В. Русских [6], обязана нахождением в зоне карстовых воронок древнего (плиоценового) русла р. Вятки, повышенной трещиноватости пород вдоль него и достаточно частым землетрясениям, происходившим в этом районе на протяжении XIX века. В пределах участка нанесено на карту 17 воронок. Диаметр их (по большой оси) измеряется от 7 до 177 м (у самой крупной, образованной при слиянии более мелких). Глубина изменяется также в широких пределах – от 2 до 10 м, а площадь – от 41 до 7379 м<sup>2</sup>, что на таком небольшом участке и сходных условиях может свидетельствовать об их различном возрасте. Путём слияния нескольких в одну образовались, по-видимому, 5 из 17 воронок, на что указывает их низкий коэффициент кругообразности – от 0,25 до 0,65 (у круга он равен 1). У остальных воронок этот показатель находится в пределах 0,80–0,97. Гранулометрический анализ песчаных отложений района карстовых воронок показал, как и ожидалось, облегчение состава и суффозионный вынос мелких фракций в нижележащие горизонты. Так, если во внекарстовых участках среднее содержание физической глины (частиц <0,01 мм) в горизонте С составляет 1,94%, то на закарстованном 4 участке аналогичный показатель равен 0,76%.

В структуре ландшафтов к.у. № 4 (рис. 2) выделяется 2 типа местности: надпойменно-террасовый и приречный. Надпойменно-террасовый тип местности по степени увлажнения и величине влияния суффозионно-карстовых процессов разделён на 3 подтипа: 1) древнеэоловый; 2) карстовый; 3) болотный.

Древнеэоловый подтип, занимающий наибольшую площадь, расположен в пределах участка в тыловой части комплекса н.т. р. Вятки на аллювиально-флювиогляциальных и флювиогляциальных отложениях. Его особенностью в данной части бора является наличие обширных дюнно-карстовых котловин, вытянутых в юго-восточном направлении, а также низкая доля чистых сосняков, присутствующих лишь на вершинах и отча-

сти верхних частях склонов дюн и карстовых воронок, где велика мощность песчаных наносов. Благодаря эоловым процессам накопления и выдувания материала подтип представлен 2 типами урочищ: 1) песчаные дюны под сосновыми и берёзовыми лесами на подзолах, дерново-подзолах и торфяно-подзолах (доминантное урочище); 2) междюнные и дюнно-карстовые котловины под берёзово-сосновыми и берёзово-осиновыми лесами на подзолах и торфяно-подзолах (субдоминантное урочище). Доминантный тип урочища представлен 6 типами фаций: привершинными поверхностями дюн и фациями (5 типов) различных частей подурочища склонов дюн. Наиболее разнообразны по составу растительных ассоциаций и почвенных разностей фации нижних частей склонов, что позволило выделить среди них 3 типа (см. легенду к рис. 2). Субдоминантный тип урочищ представлен урочищами относительно неглубоких междюнных котловин под сосновыми вариантами лесов на подзолах иллювиально-гумусовых и урочищами глубоких междюнных и дюнно-карстовых котловин под берёзово-осиновыми мертвopoкpовными лесами с липой в подлеске на торфяно-подзолах.

Карстовый подтип надпойменно-террасового типа местности занимает относительно небольшую площадь в западной части ключевого участка и представлен урочищем карстовых воронок. В составе данного урочища выделены 10 типов фаций: привершинные поверхности (1), фации различных частей склонового подурочища (6) и фации днищ карстовых воронок (3). Нижние части склонов здесь также являются наиболее разнообразными и формируют сразу 4 типа фаций: от берёзово-сосновых зелёномошных ассоциаций на подзолах иллювиально-железистых до елово-берёзовых вариантов леса на дерново-подзолах иллювиально-гумусовых и даже окраин болот на торфяно-подзолах. Повышенное разнообразие состава имеют и фации днищ, среди которых выделены 3 типа: от берёзово-сосновых на подзолах иллювиально-гумусовых до сфагнумовых ассоциаций на болотных низинных почвах. Увеличение фациального многообразия в низких и переходных местоположениях связано с неодинаковым гидрологическим режимом, обычно более близким подстиланием коренными породами и собственным микроклиматом нижних частей склонов и днищ котловин и воронок.

Болотный подтип надпойменно-террасового типа местности представлен урочи-

щем субгоризонтальных поверхностей под торфяниками и одним типом фаций низинных торфяников с мощностью торфа 1–1,5 м. Подтип занимает небольшую площадь в средних, наиболее пониженных частях обширных дюнно-карстовых котловин центральной части участка.

Приречный тип местности представлен урочищем коренного склона долины р. Вятки с близким (до 1,5 м) подстиланием элювием пермских известняков. В пределах участка выделена только фация нижней пологой части склона с выровненной, слабоволнистой поверхностью без эоловых и карстовых образований. Основную площадь урочища занимают осиновые неморальные леса с липой в подлеске на дерново-подзолах.

Учитывая ведущую роль эолового и карстового мезорельефа как главного фактора дифференциации ландшафтов долинных задров [9], на этапе подготовки крупномасштабной ландшафтной карты были поставлены 2 важнейшие задачи: 1) фиксация планового положения песчаных дюн и карстовых воронок и 2) вычисление их морфометрических характеристик. Методы дешифрирования космоснимков плохо применимы для крупномасштабного ландшафтного картографирования залесённых участков: даже очень подробные снимки не показывают эоловую морфоскульптуру задровых равнин. С другой стороны, несельскохозяйственный характер данных земель обуславливает отсутствие подробной почвенной съёмки, что также осложняет ландшафтное картографирование. По этим причинам возникла необходимость проведения съёмки направлений дюн и контуров карстовых воронок на местности. Данная работа осуществлялась с помощью GPS-навигатора Garmin 60Сх, на котором фиксировались путевые точки вершин. В камеральных условиях координаты точек переносились в ГИС-редактор и соединялись с учётом полевой документации глазомерной съёмки. Для сравнения с направлением горизонталей и привязки к абсолютным высотам полученные в результате кривые ориентации дюн и положения воронок накладывались на топографическую карту района исследований. При определении ландшафтных контуров учитывались фондовые геологические [2] и лесотаксационные [10] картографические материалы, которые подключались в ГИС-редактор в качестве новых тем-слоёв.

Ландшафтный рисунок к.у. №4 был охарактеризован количественно с помощью ко-

эффициентов, используемых как в ландшафтоведении [11], так и в географии почв, экологии и других областях, где необходим точный анализ сложных систем и комплексов. На основе созданной ландшафтной карты ключевого участка (см. рис. 2) были вычислены как простейшие показатели, дающие самое общее представление о составе рисунка и основных чертах его строения, так и более сложные меры оценки ландшафтного разнообразия и формы ландшафтных контуров.

К простейшим показателям можно отнести количество выделенных типов урочищ и подурочищ (ПТК), или составляющих рисунка ( $m$ ), общее количество контуров ( $N$ ), общую площадь ( $S$ ) и периметр ( $P$ ) контуров в пределах ключевого участка, количество контуров ( $N_i$ ), площадь ( $S_i$ ) и периметр ( $P_i$ ) контуров по составляющим, долю площадей  $\frac{S_i}{S}$  и количества контуров  $\frac{N_i}{N}$  каждого конкретного урочища (подурочища) к площади (числу контуров) всего ключевого участка ( $i=1, 2, \dots, m$ ), общую среднюю площадь  $s_o = \frac{S}{N}$  и по составляющим  $s_{oi} = \frac{S_i}{N_i}$ . Большинство этих показателей было получено автоматически, что является одним из преимуществ построения ландшафтной карты в ГИС. Количество типов ПТК 4 к.у. ( $m=20$ ) оказалось максимальным для всех четырёх участков, так для к.у. № 1  $m=6$ . Это можно объяснить участием в формировании ландшафтного рисунка 4 участка не только эолового, но и карстового процессов, а также небольшой мощностью песчаных флювиогляциальных отложений, что увеличивает количество растительных ассоциаций и соответственно типов ПТК.

Максимальная доля контуров  $\frac{N_i}{N}$  участка приходится на неглубокие междюнные котловины на подзолах песчаных, а также на привершинные поверхности дюн под различными типами сосняков на подзолах поверхностных песчаных, что может быть объяснено узкой локализацией этих ПТК и несомкнутостью их контуров. Большая доля контуров принадлежит нижним частям склонов песчаных дюн. В площадном отношении, как и на других участках, доминируют средние части склонов дюн, но если на участках 1–3 они занимают от 66,67% до 73,85% площади, то на 4 участке с обширными дюнно-карстовыми котловинами их доля резко сокращается (до 36,66%). К.у. №4 выделяется относительно большой долей площадей котловинных ПТК – 8,58%, в то время как на к.у. 1–3 этот показатель принимает значения 4,24–1,48%. Если для 1 участка эта величина составляет 4,24%, для 2 – 3,86%, то

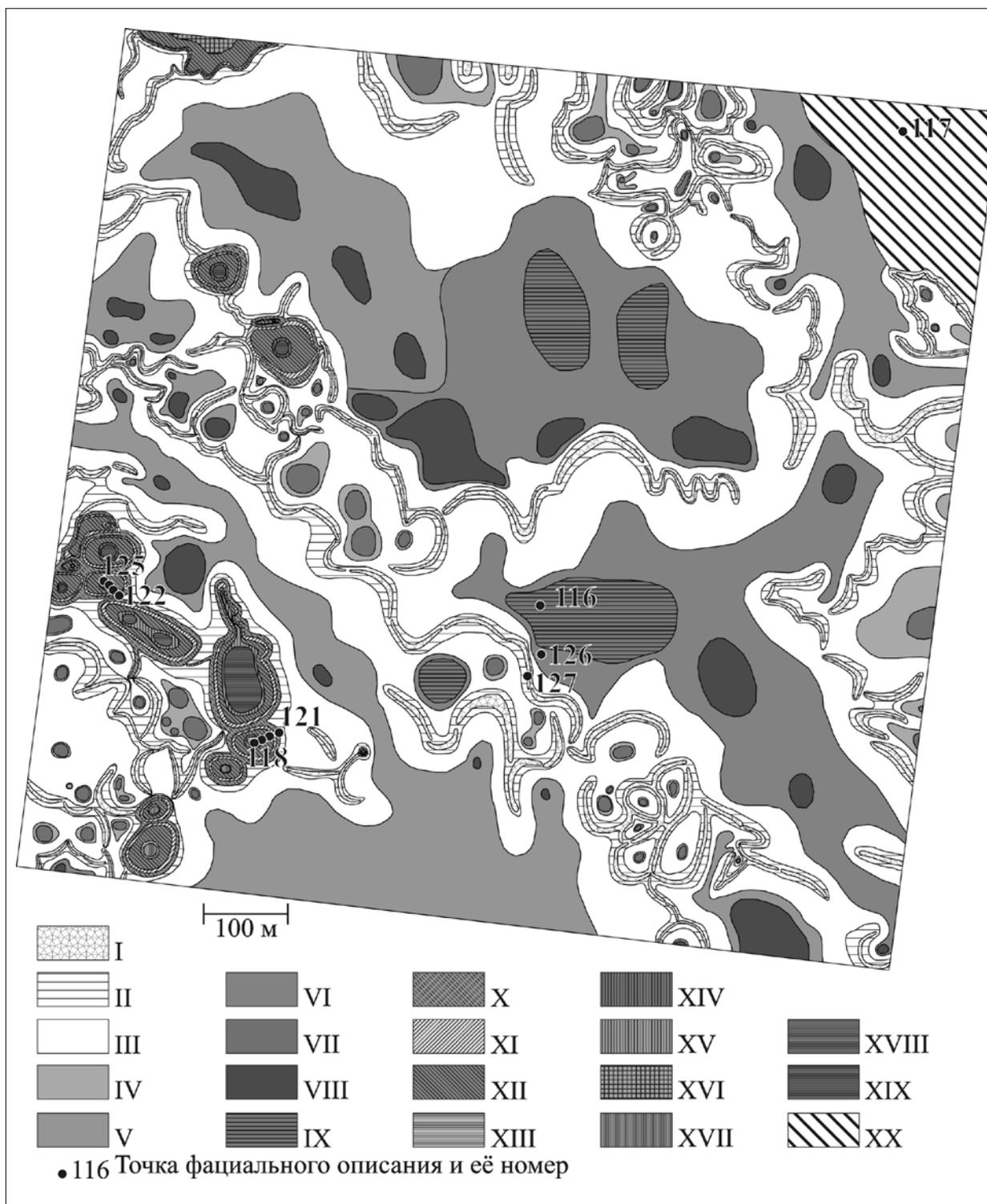


Рис. 2. Ландшафтная карта ключевого участка №4

**Условные обозначения:** Древнеэоловая аллювиально-водноледниковая равнина с относительными превышениями до 10 м, осложнённая обширными дюнно-карстовыми котловинами, естественно-дренируемая, с минеральными почвами: I. Привершинные поверхности дюн под сосняками зелёномошными и брусничными на подзоле поверхностном песчаном на водноледниковых отложениях (П<sub>р</sub>ОВ), II. Верхние относительно пологие (менее 10°) части склонов дюн под сосняками зелёномошными и брусничными, елово-берёзовыми сосняками брусничными на подзолах поверхностных песчаных иллювиально-железистых (П<sub>з</sub>ижпОВ), III. Средние относительно крутые (10–20°) части склонов дюн под берёзово-сосновыми и елово-берёзово-сосновыми брусничными и черничными лесами на П<sub>з</sub>ижпОВ, IV. Нижние относительно пологие (менее 10°) части склонов дюн под берёзово-сосновыми и елово-берёзово-сосновыми черничными лесами на П<sub>з</sub>ижпОВ и торфяно-подзолах мелких песчаных иллювиально-железистых (ТП<sub>з</sub>ижпОВ), V. Нижние относительно пологие (10–20°) части склонов дюнно-карстовых котловин под сосново-берёзовыми зелёномошными лесами на дерново-подзолах поверхностных песчаных иллювиально-гумусовых (П<sub>г</sub>игпОВ),

VI. Нижние относительно пологие (10–20°) части склонов обширных междюнных и дюнно-карстовых котловин под осиново-берёзовыми мертвопокровными лесами на торфяно-подзолах поверхностных песчаных (ТП<sub>р</sub>ОВ), VII. Относительно неглубокие (относительные понижения до 5 м) междюнные котловины под берёзово-сосновыми и елово-берёзово-сосновыми зелёномошными и черничными лесами на П<sub>1</sub>игп(у)ОВ, VIII. Глубокие (относительные понижения до 10 м) междюнные и дюнно-карстовые котловины под берёзово-осиновыми мертвопокровными лесами с липой на ТП<sub>1(2)</sub>рОВ). **Субгоризонтальные поверхности под торфяниками (мощность торфа, как правило, более 1 м):** IX. Субгоризонтальные поверхности под низинными торфяниками с мощностью торфа 1–1,5 м под сфагнумо-осоковыми и сабельниково-осоковыми болотами с разреженным и угнетённым древостоем сосны и берёзы на болотных низинных торфяных среднемошных почвах (Бнт''ОВ). **Карстовые воронки с относительными превышениями до 10 м, с торфяниками и естественно-дренируемые:** X. Привершинные поверхности карстовых воронок под сосновыми и берёзово-сосновыми зелёномошными, брусничными и вейниковыми лесами на П<sub>р</sub>ОВ, XI. Верхние относительно пологие (10–20°) части склонов карстовых воронок под берёзово-сосновыми и елово-берёзово-сосновыми зелёномошными и брусничными лесами на П<sub>1</sub>(иже)рОВ, XII. Средние крутые (20–40°) части склонов карстовых воронок с близким, до 1,5 м, подстиланием коренными породами (элювием пермских песчаников и известняков) под берёзово-сосновыми и елово-берёзово-сосновыми папоротниково-черничными, костянично-черничными и чернично-майниковыми лесами на П<sub>1(2)</sub>иг(иже)рОВ[Э<sub>1(3)</sub>], XIII. Нижние относительно пологие (10–20°) части склонов неглубоких (до 3 м) карстовых воронок под сосновыми и берёзово-сосновыми зелёномошными и брусничными лесами на П<sub>2</sub>ижрОВ, XIV. Нижние относительно пологие (10–20°) части склонов карстовых воронок под еловыми кислыми лесами с липой на П<sub>2</sub>игижрОВ, XV. Нижние относительно пологие (10–20°) части склонов глубоких (5–10 м) карстовых воронок под елово-берёзовыми хвощёво-мертвопокровными лесами на дерново-подзолах поверхностных песчаных и супесчаных иллювиально-гумусовых, иллювиально-железистых (П<sub>3</sub>игижр(у)ОВ), XVI. Нижние пологие (менее 10°) части склонов карстовых воронок под осоковыми болотами на торфяно-подзолах мелких глеевых песчаных и супесчаных (ТП<sub>2</sub>рп(у)ОВ), XVII. Днища неглубоких (до 3 м) карстовых воронок под сосновыми и берёзово-сосновыми черничными лесами на П<sub>1</sub>игп(у)ОВ, XVIII. Днища глубоких (5–10 м) карстовых воронок под папоротниковыми болотами на болотных низинных торфяных мощных почвах (Бнт''ОВ), XIX. Днища глубоких (5–10 м) карстовых воронок под осоково-сфагнумовыми и папоротниково-сфагнумовыми болотами на Бнт''ОВ и торфяно-подзолах глубоких песчаных глеевых (ТП<sub>2</sub>рпОВ). **Коренные склоны долин рек:** XX. Коренной пологий (менее 10°) склон долины р. Вятки с близким, до 1,5 м, подстиланием элювием пермских известняков под осиновыми неморально-мертвопокровными лесами с липой (П<sub>2</sub>ярус) на дерново-подзолах неглубоких песчаных иллювиально-железистых (П<sub>3</sub>оижрВ[Э<sub>1</sub>]).

для 3 – 1,48%). В 4 участке благодаря наличию обширных дюнно-карстовых котловин по средней площади (36148 м<sup>2</sup>) выделяются контура нижних, а не средних частей склонов под осиново-берёзовыми мертвопокровными лесами на торфяно-подзолах, значительную среднюю площадь контура имеют и котловинные урочища – более 1000 м<sup>2</sup>. Общая средняя площадь всех контуров максимальна для данного участка (2371 м<sup>2</sup>) с характерными для него крупными формами.

Для математического анализа сложности ландшафтного рисунка применяется ряд коэффициентов (индексов) от относительно простых хронологических, таких, как индекс сложности, или индекс Викторова (KI), до сложных интегральных показателей оценки ландшафтного разнообразия (индексы Симпсона (CI) и Шеннона (H)).

Индекс сложности ландшафта (индекс Викторова) можно найти как для отдельных типов ПТК, так и для ключевого участка в целом. Он определяется по формуле:

$$KI = \frac{N(N_i)^2}{S(S_i)}$$

Индекс Викторова хорошо иллюстрирует сложность вершинных фаций участка (KI=0,57) и урочищ неглубоких котловин (KI=0,23). На этом фоне склоновые подуро-

чища (особенно фации средних и нижних частей склонов) выглядят довольно простыми, что естественно, учитывая относительно небольшое количество и одновременно значительную площадь их контуров. К.у. имеет высокий суммарный индекс KI, равный 0,1902. Это сближает его с к.у. №1 (KI=0,2021), с его сложным расчленённым мезорельефом, большим количеством мелких ландшафтных контуров.

Важная характеристика ландшафта – его разнообразие, или степень повторяемости строения на всей территории исследования. Любое разнообразие, в том числе и ландшафтное, может быть оценено как мера дисперсии либо как мера энтропии [12]. Для оценки разнообразия применяется множество индексов, но все они, по сути, являются вариациями двух формул – дисперсии и энтропии.

Индекс Симпсона (C) основан на формуле дисперсии:

$$C = \sum_{i=1}^m \frac{S_i(S_i - 1)}{S(S - 1)}$$

Индекс Симпсона часто используют в экологии для оценки биоразнообразия внутри экосистемы. В морфологии ландшафтов этот индекс может быть применён для оценки вероятности принадлежности к различным типам ПТК любых 2 контуров, случайно ото-

бранных из неопределённо большого их числа. Считается, что индекс Симпсона – очень чувствительный инструмент для выявления доминирования одного или нескольких типов ПТК [13]. С другой стороны, это является основным недостатком индекса для оценки разнообразия [12], так как его значение слабо зависит от числа типов ПТК ( $m$ ), практически полностью зависит от площади 1–2 наиболее обширных урочищ, а небольшие ПТК почти не учитываются. К.у. №4 имеет максимальный индекс Симпсона среди всех участков ( $C1=0,8051$ ), что говорит о выравненности площадей его ПТК и незначительном доминировании отдельных урочищ в ландшафте, а значит наибольшем его разнообразии. Действительно, площадь ни одного типа ПТК (даже средних частей склонов) не превышает 50% от общей площади участка.

Индекс разнообразия Шеннона основан на формуле энтропии:

$$H = - \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{S} \log_2 \frac{S_i}{S}$$

Как отмечают некоторые авторы [14], индекс Шеннона, как и индекс Симпсона, зависит не только и не столько от числа ландшафтных выделов, но в значительной степени от равномерности их распределения и не обнаруживает четкой связи с общей площадью. Результат подсчета  $H = 2,0034$  – подтверждает ранее полученную величину индекса Симпсона и также является максимальным среди всех участков.

Наравне с характеристикой сложности и разнообразия ландшафта большое значение имеет анализ формы ландшафтных контуров, которая оценивалась при помощи 2 показателей – коэффициента расчленённости ( $K2$ ) и индекса кругообразности ( $K3$ ).

Коэффициент расчленённости определялся по формуле:

$$K2 = \frac{P(P_i)}{2\sqrt{\pi} S(S_i)}$$

Самой высокой расчленённостью характеризуются вершины, верхние части склонов дюн и контура вершинных и склоновых фаций карстовых воронок, занимающие относительно небольшую площадь, но вытянутые по всей длине отдельной дюны или целой дюнной гряды, либо, как в случае с карстовыми воронками, образующие узкие, вложенные друг в друга пояса. Средние части склонов из-за большого общего периметра везде имеют низкий  $K2$ . Котловины и днища карстовых воронок, об-

ладая округлой формой, также не отличаются высоким значением этого показателя. К.у. №4 имеет средний показатель общей расчленённости ( $0,0415$ ), сходный с аналогичным показателем для к.у. №1 ( $0,0431$ ). Эти участки обладают сочетанием сильно расчленённого мезорельефа с относительно выровненными ПТК.

Для сравнения формы ландшафтных контуров с кругом использовался индекс кругообразности:

$$K3 = \frac{4\pi S(S_i)}{P^2}$$

Высокий индекс  $K3$  имеют все котловины. Так как в формулу подставлялись не площади и периметры отдельных контуров, а общие величины для типов ПТК или всего участка, то значения  $K3$ , как правило, значительно меньше 1 (круг), что не мешает индексу кругообразности хорошо показывать общие особенности формы ландшафтного рисунка.  $K3$  к.у. №4 –  $0,0005$  – минимально среди всех участков, несмотря на присутствие кругообразных ПТК днищ карстовых воронок. В данном случае  $K3$  отражает скорее общую высокую расчленённость рельефа с большим количеством вершинных и склоновых фаций неправильной формы и дюнных гряд, чем наличие небольшого числа кругообразных контуров днищ ( $K3 = 0,25-0,30$ ).

В результате ландшафтных исследований в закарстованной части Медведского бора схема типологической классификации ландшафтов этой долинно-зандровой равнины была дополнена ещё одним – карстовым – подтипом надпойменно-террасового типа местности (в дополнение к древнеэоловому и болотному). На 4 ключевом участке площадью чуть более 100 га выявлено 20 типов ПТК различного уровня – от фаций до урочищ – на 6 вариантах положения в мезорельефе (вершина, верхняя, средняя, нижняя части склона, котловина, субгоризонтальная поверхность). Типы ПТК сформированы 10 растительными ассоциациями и 7 почвенными разностями. Таким образом, закарстованные участки района исследований можно признать самыми сложно устроенными частями медведского ландшафта. Карстовые участки долинного зандра, так же как и дюнные поля центральной части бора, обладают высокой расчленённостью рельефа, а относительно небольшая мощность песков и особый микроклимат глубоких карстовых воронок определяют повышенное ландшафтное разнообразие этих территорий. Дюнные гряды закарстованных участков длиной до 1,5 км

и более имеют, в отличие от центральных районов бора, юго-восточное, а не северо-восточное простираение, совпадающее с общим направлением цепочек карстовых воронок района исследований. GPS-картографирование зарекомендовало себя как наиболее рациональный и удобный метод фиксации границ ландшафтных выделов. Математический анализ созданной ландшафтной карты 4 ключевого участка показал: 1) сложность и повышенное ландшафтное разнообразие, а точнее, меньшее доминирование отдельных типов ПТК, закарстованных районов Медведского бора; 2) наибольшую расчленённость вершин и верхних частей склонов дюн, вершинных и склоновых фаций карстовых воронок, а наименьшую – котловин выдувания, днищ карстовых воронок и средних частей склонов; 3) наибольшую кругообразность контуров котловин и днищ воронок, а также низкую общую кругообразность сильно расчленённой дюнно-карстовой части бора.

### Литература

1. Прокашев А.М., Жуйкова И.А., Пахомов М.М. История почвенно-растительного покрова Вятско-Камского края в послеледниковье. Киров. 2003. 143 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Серия Средне-волжская. Листы О-39-ХV (Кирово-Чепецк). О-39-ХVI (Зуевка). О-39-ХХI (Медведок). О-39-ХХII (Уни). М. 1998. 149 с.
3. Буш Н.А. Материалы к флоре Вятской губернии // Труды общества естествоиспытателей при императорском Казанском университете. Т. ХХI. Вып. 2. Казань. 1889. С. 5, 37.
4. Тарасова Е.М. Государственный памятник природы «Медведский бор» // О состоянии окружающей природной среды Кировской области в 2000 году. Региональный доклад. Киров. 2001. С. 131–143.
5. Исупова Е.М. К характеристике почвенного покрова лесов на песках боровой террасы реки Вятки (на примере Медведского бора) // Учёные записки кафедры физической географии. Вып. № 24. Киров. 1968. С. 24–40.
6. Русских А.В., Иванов А.Д. Пещеры и карстовые озёра Волго-Вятского края. Слободской. 1992. 87 с.
7. Кузницын М.А. Гидрохимия озёр Медведского бора // Вятская земля в прошлом и настоящем: Матер. III науч. конф. Т. 2. Киров. 1995. С. 64–66.
8. Хабаков А.В. Об эоловых послетретичных образованиях Вятской губернии // Записки Российского минералогического общества. Вып. 2. Л. 1926. С. 380–391.
9. Матушкин А.С. Структура ландшафтов задровых равнин Вятско-Камского Предуралья // Естественные и технические науки. М. 2010. №3(47). С. 246–255.
10. План лесонасаждений Медведского лесничества Нолинского лесхоза Кировской области. Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Кировской области. 2003.
11. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 179 с.
12. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.
13. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра Моск. ун-та, 2002. 432 с.
14. Иванов А.Н., Крушина Ю.В. Ландшафтное разнообразие и методы его измерения // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: Матер. XI Междунар. ландшафтной конф. М.: Географический факультет МГУ, 2006. С. 99–101.