

ОРИГИНАЛЬНЫЕ  
СТАТЬИ

УДК 630\*577.4

**ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СТРУКТУРУ И ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ  
НА ПРИМЕРЕ ЛИСИНСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА\***

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1248.

© 2014 г. А. С. Алексеев, А. А. Никифоров

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5  
E-mail: a\_s\_alekseev@mail.ru, alex\_nikiforov@mail.ru  
Поступила в редакцию 13.09.2013 г.*

На примере участков лесного фонда, расположенных на территории Лисинского учебно-опытного лесхоза Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета (СПбГЛТУ), изучено влияние формы поверхности рельефа на структуру и продуктивность лесного растительного покрова. На основе 3D-модели рельефа изучаемой поверхности и ГИС, созданной в среде MAPINFO PROFESSIONAL 6.0, выделены 4 территориальные единицы, различающиеся по абсолютной высоте. Ландшафтная интерпретация территориальных единиц проведена на основе совместного анализа топографической, геологической, геохимической и лесоустроительной информации средствами ГИС. Показано, что на основе рассмотренных территориальных единиц естественным образом выделяются соответствующие им ландшафтные местности. Установлены зависимости структуры и продуктивности лесов, принадлежащих разным ландшафтным местностям, создана их цифровая карта, позволяющая однозначно установить границы местностей в природе. Предложены направления практического использования результатов проведенных исследований.

*Рельеф, ландшафт, ГИС, 3D-модель, морфометрия, категория земель, тип леса, бонитет, основная лесообразующая порода.*

В настоящее время в ландшафтной экологии считается общепризнанным значительное, а во многих случаях и определяющее влияние рельефа на структуру и продуктивность лесного растительного покрова [4, 5, 9–13, 35, 36]. Рельеф местности представляет собой постоянно действующий косвенный экологический фактор, в значительной мере детерминирующий энерго-массообмен в лесных экосистемах [3, 16, 18, 21, 28] и, таким образом, характеристики их растительного компонента.

Географические информационные системы (ГИС), получившие широкое развитие в последние годы, вместе со ставшими доступными средствами спутниковой навигации позволяют существенно повысить глубину, объективность и достоверность изучения свойств земной поверхности в целом и лесов как типичных ресурсов поверхностного распространения, в частности [3,

15, 23, 27]. Возможности, предоставляемые этими информационными технологиями, заключаются, во-первых, в точном определении и фиксации положения изучаемых объектов на земной поверхности в трехмерном пространстве, во-вторых, в доступности использования разномасштабных информационных материалов, созданных в разное время, различными организациями для решения своих задач, в-третьих, в доступности аналитических средств. Изучение влияния характеристик рельефа на древесную растительность во многом облегчается в случае применения ГИС-технологий, позволяющих в одной системе накапливать, обрабатывать, анализировать и визуализировать информацию о свойствах и характеристиках изучаемых природных территорий. Для изучения рельефа особенное значение имеют возможности трехмерного описания и моделирования его поверхности на основе данных топографических карт (3D-моделирование) [2, 20, 29, 30, 32–34].

Современные ГИС обладают специальными модулями, которые позволяют решать эту задачу.

В настоящей статье на примере территории лесного фонда Лисинского учебно-опытного лесхоза СПбГЛТУ, предпринята попытка решить средствами ГИС и 3D-моделирования поверхности рельефа следующую задачу: построить 3D-модель рельефа, на основе ее анализа выделить территориальные единицы (местности), различающиеся положением в рельефе по высоте над уровнем моря, проверить объективность такого выделения путем выявления наличия и достоверности различий между территориальными единицами по представленности в них различных геологических пород, структуре и продуктивности лесного растительного покрова.

### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являются территориальные природные комплексы Лисинского учебно-опытного лесхоза СПбГЛТУ [7, 14]. С точки зрения изучения влияния рельефа на структуру и продуктивность лесного растительного покрова этот объект представляет определенный интерес, так как перепады высот здесь не превышают 30–40 м. Поэтому в случае обнаружения сильного влияния рельефа на лесную растительность на территории этого объекта исследований можно ожидать еще более значительного его влияния на других территориях, с более выраженным рельефом местности.

Методика исследования основана на создании многослойной специализированной ГИС на территорию Лисинского лесхоза в составе информационных слоев, описывающих рельеф местности, гидрографию, горные породы, таксационные характеристики лесного фонда [14]. ГИС создана в среде Mapinfo Professional 6.0 на основе данных лесоустройства о характеристиках лесного фонда, топографической карты масштаба 1: 100 000, карты геологических пород [8].

Картографические материалы с различной тематической нагрузкой были отсканированы по отдельным листам формата А3. Сканирование выполнялось на сканере Mustek ScanExpress с разрешающей способностью 400 точек на дюйм. В дальнейшем отсканированные листы были «сшиты» с применением системы Adobe Photoshop 7.0. Полученные растровые основы зарегистрированы с использованием проекции «широта/долгота». Координаты для регистрации изображений получены с помощью прибора спутниковой навигации глобальной системы позиционирования GPS. Ко-

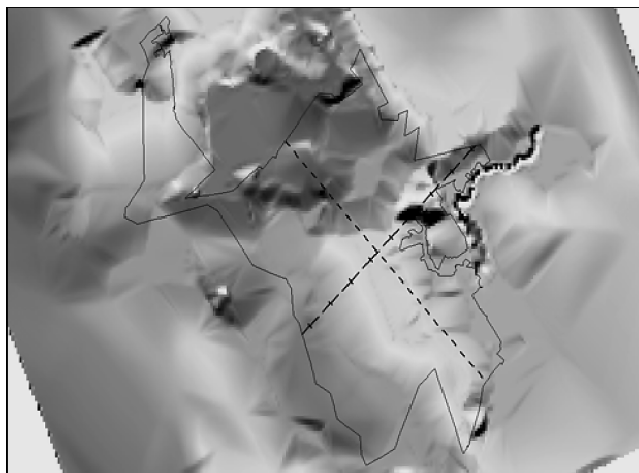


Рис. 1. 3D-модель поверхности рельефа территории Лисинского лесхоза.

ординаты были проверены и дополнены во время полевых исследований рассматриваемой территории в августе 2004 г. и удовлетворяют требуемой точности.

Векторизация картографических материалов осуществлялась вручную в среде Mapinfo Professional 6.0. В результате были созданы цифровые планы лесонасаждений, состоящие из следующих слоев: границы лесхоза, дач и лесничеств, квартальная сеть, слой лесотаксационных выделов, слой дорожной сети, гидрография и населенные пункты. В двух векторных слоях созданы план территории лесхоза в горизонталях и карта геологических пород. Тематическая нагрузка использованных картографических материалов после тщательной проверки была присоединена к соответствующим информационным слоям.

3D-поверхность рельефа территории лесхоза создана методом TIN (Triangulation with smoothing) (Рис. 1) при помощи программного модуля VerticalMapper. Полученная 3D-модель поверхности рельефа позволяет визуально оценить характер рельефа местности, а также при помощи модуля VerticalMapper построить продольные графики поверхности рельефа, рассчитать точки обзора, зоны видимости, экспозиции склонов, выполнить расчеты по заданным параметрам, составляя логические выражения.

Выборка необходимой для анализа тематической информации из базы данных производилась встроенными средствами MapInfo Professional 6.0 и с помощью языка MapBasic. Обработка выборок осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ Statistica, Statgraphics, Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Визуальный анализ 3D-модели поверхности рельефа лесхоза показывает наличие четырех территориальных единиц в составе его территории, по площади соответствующих рангу ландшафтных местностей и различающихся высотой над уровнем моря с шагом 10 м.

Наличие этих четырех территориальных единиц подтверждается также результатами анализа профилей высот в направлениях “север–юг” и “запад–восток”, выполненных с помощью модуля VerticalMapper. Выделенные в результате анализа 3D-модели рельефа территориальные единицы оцифрованы, в качестве их границ взяты границы соответствующих таксационных выделов, расположенные на минимальном расстоянии от места положения высотной разности. Карта-схема территориальных единиц приведена на рис. 2.

На основе рассмотренных территориальных единиц естественным образом выделяются соответствующие им ландшафтные местности. Правильность такого выделения анализировалась с помощью их совмещения с картой представленности

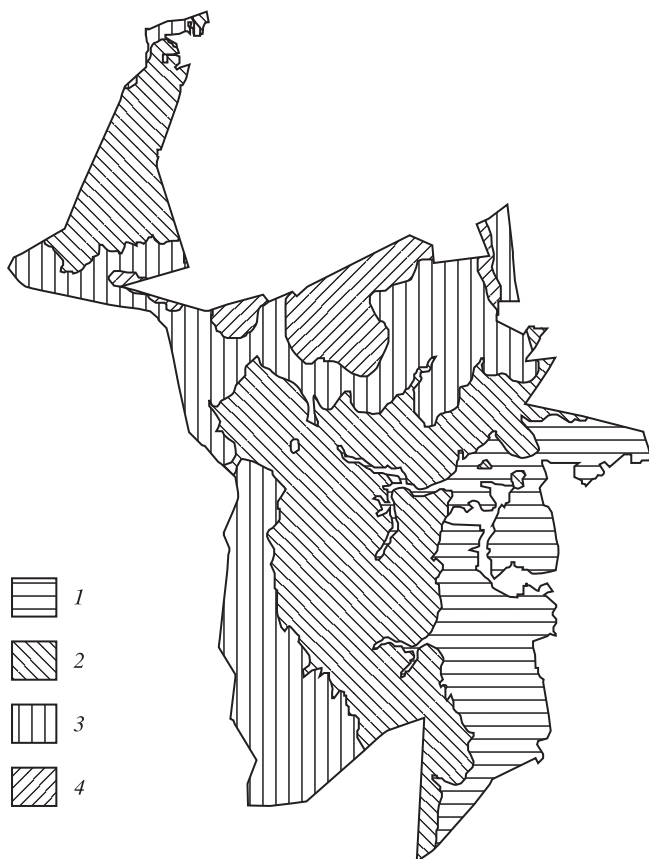


Рис. 2. Территориальные единицы Лисинского лесхоза, выделенные на основе анализа 3D-модели поверхности рельефа.

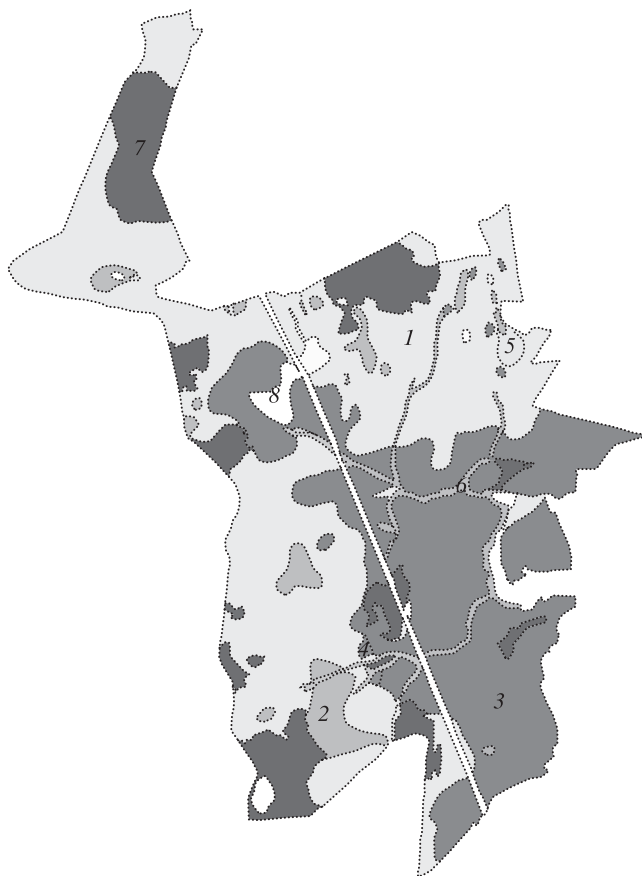


Рис. 3. Геологическая карта горных пород Б.Ф. Землякова. (1 – валунный суглинок; 2 – валунный песок; 3 – ленточные глины; 4 – безвалунный суглинок; 5 – песок полевошпатовый ледниковый; 6 – аллювиальные отложения; 7 – торф; 8 – песок полевошпатовый озерный).

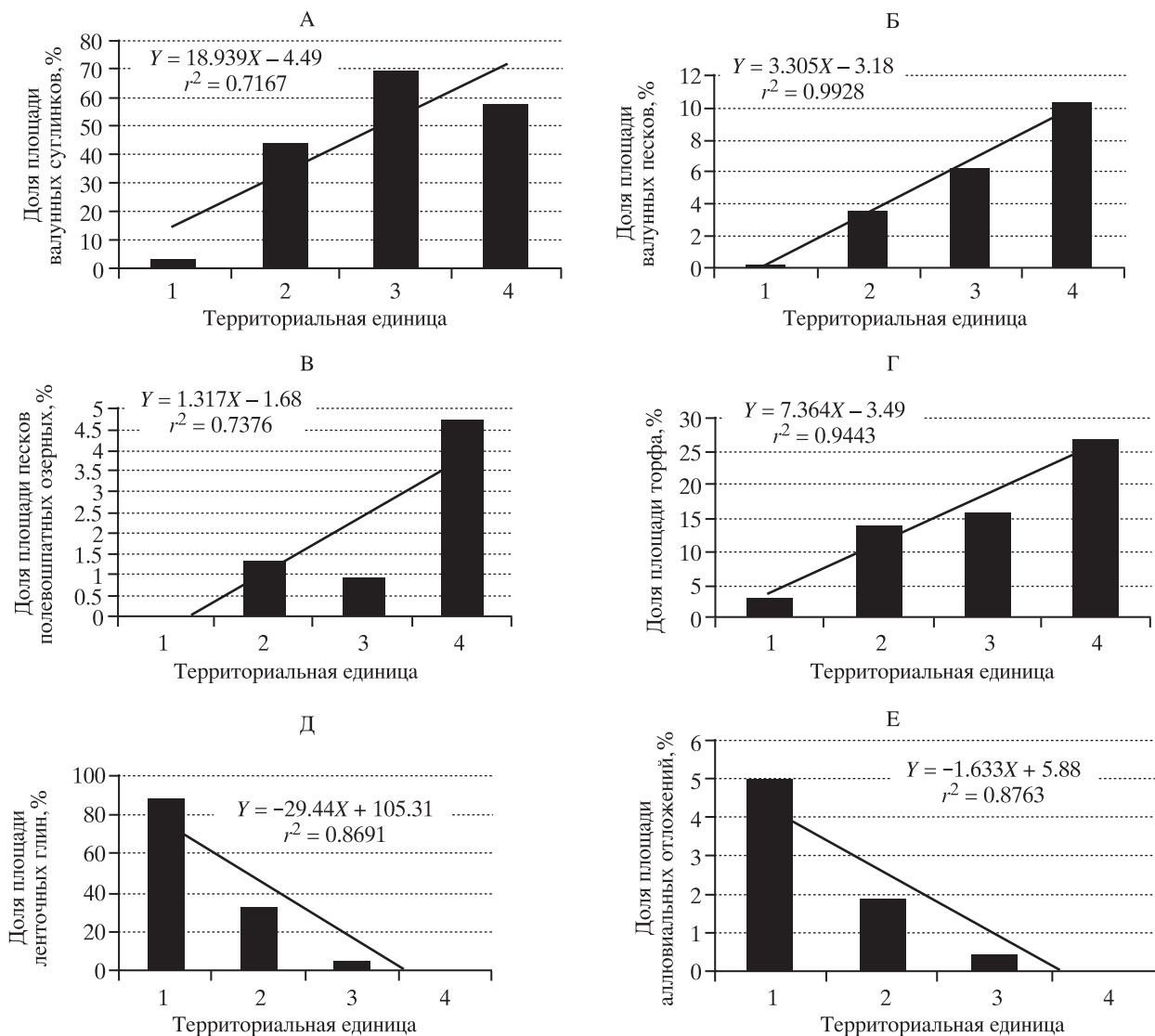
горных пород Б.Ф. Землякова (рис.3) и соответствующей лесоустроительной информацией.

Результаты совмещения показаны на рис. 4.

Анализ карты представленности горных пород показывает, что три из них – валунные суглинки, ленточные глины и торф – занимают наибольшую часть площади лесхоза и закономерно различаются по представленности в четырех выделенных территориальных единицах.

Таким образом, с увеличением высоты над уровнем моря закономерно сокращается площадь ленточных глин (с 89 до 0%), растет представленность валунных суглинков (с 2 до 57%) и торфа (с 3 до 27%). Также с увеличением высоты над уровнем моря растет представленность песков (валунных с 0.2 до 10% и озерных с 0 до 5%) и убывает площадь аллювиальных отложений (с 5 до 0%).

Проанализируем распределение площади лесхоза по категориям земель в зависимости от при-



**Рис. 4.** Распределение площади горных пород по территориальным единицам (А – валунные суглинки; Б – валунный песок; В – песок полевошпатный озерный; Г – торф; Д – ленточные глины; Е – аллювиальные отложения).

надлежности к выделенным территориальным единицам (Табл. 1).

Гистограмма (рис. 5, А) свидетельствует, что на территории лесхоза преобладают участки, расположенные на высоте 50–70 м над ур. моря, их площадь составляет примерно 75% от общей площади покрытых лесом земель. Болота здесь преимущественно верховые и переходные (рис. 5, Б). Земли сельскохозяйственного назначения (рис. 5, В) расположены преимущественно на пониженных (пойменных) участках рельефа, в то время как лесные культуры, наоборот, на повышенных (рис. 5, Д). Процент площади насаждений естественного происхождения снижается с увеличением высоты над уровнем моря с 87 до 79% (рис. 5, Г), процент площади вырубок

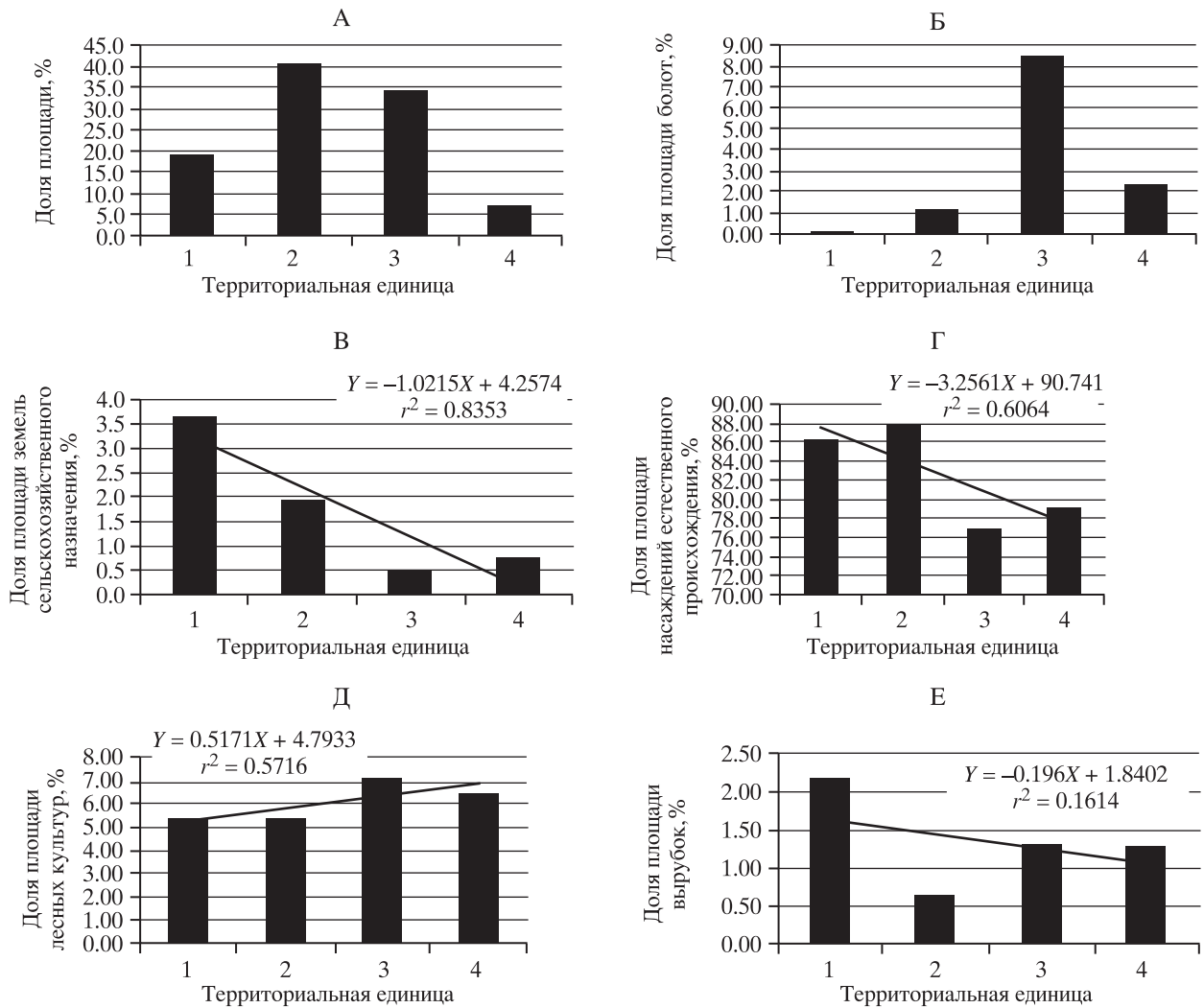
небольшой с максимумом на участках с высотой 40–50 м. над ур. моря, с увеличением абсолютных высот также снижается с 2.2 до 1.3% (рис. 5, Е).

Для анализа представленности различных типов леса по территориальным единицам они были объединены в соответствии со схемой типов леса В.Н. Сукачева [24] в серии: ряд А – с оптимальным увлажнением, ряд В – с застойным увлажнением, ряд Д – с проточным увлажнением. Типы условий местопроизрастания были сгруппированы по степени увлажнения в 3 группы: свежие, влажные + сырые, мокрые, по почвенному богатству в 2: бедные (А+В), богатые (С+Д).

Результаты, полученные в ходе отбора информации об объектах-выделах для анализа структуры лесного фонда по сериям типов леса и груп-

Таблица 1. Распределение покрытой лесом площади по категориям земель

Категории земель	Территориальная единица											
	1			2			3			4		
	число объектов	площадь, га	доля площади, %	число объектов	площадь, га	доля площади, %	число объектов	площадь, га	доля площади, %	число объектов	площадь, га	доля площади, %
Лесные земли												
Насаждения естественные с применением лесных культур	13	35.3	0.68	34	81.3	0.73	71	240.5	2.55	51	134.2	6.94
Насаждения естественные	1557	4507.4	86.37	3308	9849.1	87.96	2302	7248	76.85	493	1532.5	79.22
Насаждения из подроста	6	28.5	0.55	7	20.0	0.18	3	17.7	0.19	0	0	0.00
Несомкнувшиеся лесные культуры	6	21.5	0.41	14	38.4	0.34	9	40.7	0.43	4	15.3	0.79
Насаждения, созданные реконструкцией	0	0.0	0.00	5	4.5	0.04			0.00	0	0	0.00
Вырубка	26	113.3	2.17	27	71.2	0.64	24	122.3	1.30	9	25.1	1.30
Ветровал, бурелом	0	0.0	0.00	1	1.4	0.01			0.00	2	2.5	0.13
Гарь	0	0.0	0.00	4	19.5	0.17	6	56.9	0.60	2	3.6	0.19
Лесосека текущего года	0	0.0	0.00	8	19.2	0.17	17	77.3	0.82	0	0	0.00
Лесные культуры	99	279.7	5.36	195	599.6	5.36	205	673.6	7.14	35	125.5	6.49
Питомник	2	8.7	0.17			0.00			0.00	3	14.5	0.75
Ландшафтная поляна	0	0.0	0.00	2	4.0	0.04			0.00	0	0	0.00
Плантация	0	0.0	0.00	2	7.6	0.07			0.00	0	0	0.00
Погибшие насаждения	1	1.3	0.02	1	1.6	0.01	1	2	0.02	0	0	0.00
Прогалина	1	0.2	0.00	8	4.3	0.04	7	7.6	0.08	0	0	0.00
Пустырь	0	0.0	0.00	1	0.8	0.01			0.00	0	0	0.00
Не лесные земли												
Болото	1	5	0.1	13	124.7	1.11	22	796.3	8.44	2	43.9	2.27
Выгон	1	3.8	0.07	7	24.2	0.22	0	0	0	0	0	0
Пашня	1	5.3	0.1	11	36.4	0.33	1	1.3	0.01	0	0	0
Пастбище	0	0	0	2	7.1	0.06	1	1.7	0.02	1	0.3	0.02
Сенокос	60	177.5	3.4	86	148.6	1.33	23	44.2	0.47	7	13.7	0.71
Прочие	16	31.2	0.6	41	133.5	1.18	17	100.9	1.08	11	23.4	1.19
Итого объектов	1790			3777			2709			620		
Общая площадь, га		5218.7	100		11197	100		9431	100	0	1934.5	100



**Рис. 5.** Распределение площадей по категориям земель (А – доля от общей площади; Б – болота; В – земли сельскохозяйственного назначения; Г – насаждения естественного происхождения; Д – лесные культуры, Е – вырубки).

пам условий местопроизрастания в связи с их положением на рельефе местности, представлены в Табл. 2.

Результаты анализа распределения покрытой лесом площади по сериям типов леса и группам условий местопроизрастания, представленные на рис. 6. свидетельствуют о том, что доля площади лесов с оптимальным увлажнением снижается с 78 до 66% с ростом высоты над уровнем моря (рис. 6, А), насаждения ряда Д с проточным увлажнением, закономерно располагаются на повышенных участках территории, доля площади возрастает с 14 до 29% (рис. 6, Б), насаждения ряда В, с застойным увлажнением больше представлены на повышенных участках территории (рис. 6, В), что также закономерно по причине преобладания на территории лесхоза верховых болот.

Результаты анализа представленности насаждений с разным типом условий места произрастания, определяемым по степени увлажнения (рис. 7) показывают, что доля площади со свежими условиями снижается с ростом абсолютной высоты над уровнем моря с 53 до 41% (рис. 7, А). Влажные, сырые, а также мокрые места обитания имеют тенденцию увеличения в составе площади территориальных единиц по мере их возвышения в связи с преобладанием на территории Лисинского лесхоза верховых болот (рис. 7, Б, В).

Наличие участков с бедными условиями места произрастания (Рис. 8) закономерно растет с увеличением высоты над уровнем моря (с 17 до 38%) (Рис. 8, А), и, соответственно наоборот, при снижении последней растет площадь богатых мест обитания (с 58 до 78%) (Рис. 8, Б), в связи с аккумуляцией

**Таблица 2.** Распределение покрытой лесом площади по сериям типов леса и группам условий местопроизрастания в зависимости от высоты над уровнем моря

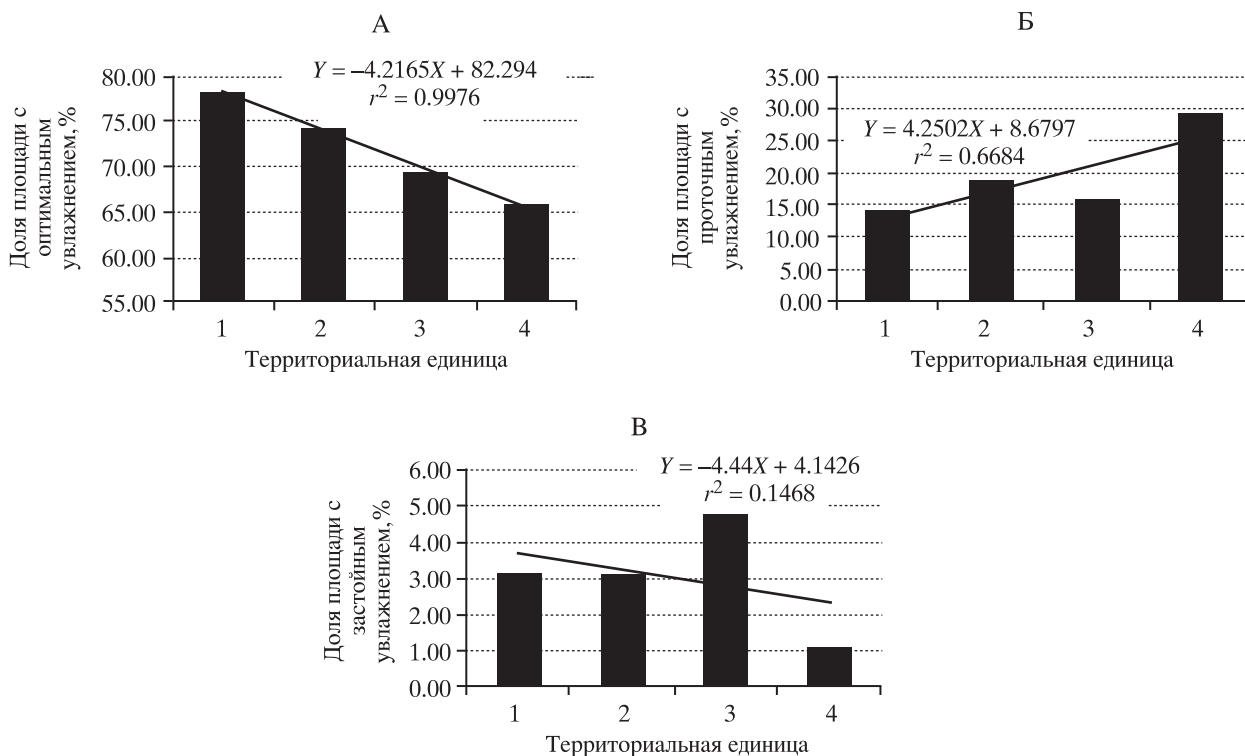
Серии типов леса, группы условий местопроизрастания	Территориальная единица							
	1		2		3		4	
	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га
Оптимальное увлажнение (ряд А)	1365	4074	2799	8293.2	2036	6533	455	1269.2
Проточное увлажнение (ряд D)	272	727.3	665	2067.6	470	1493.8	131	560.6
Застойное увлажнение (ряд В)	59	165.9	145	344.3	136	449.8	12	22.2
–	94	251.5	168	491.9	67	954.4	22	82.5
Итого	1790	5218.7	3777	11197	2709	9431	620	1934.5
Свежие	915	2760.9	1597	4527.3	934	2949.8	269	796.9
Влажные + сырые	739	2066.9	1862	5703.7	1588	5098.1	270	799
Мокрые	57	168.1	158	491.5	123	439.1	60	257.6
–	79	222.8	160	474.5	64	944	21	81
Итого	1790	5218.7	3777	11197	2709	9431	620	1934.5
Бедные	351	901.3	686	2282.7	639	2080	199	737.5
Богатые	1360	4094.6	2931	8439.8	2006	6407	400	1116
–	79	222.8	160	474.5	64	944	21	81
Итого	1790	5218.7	3777	11197	2709	9431	620	1934.5

– для этих объектов отсутствуют сведения в лесоустроительных материалах, так как они относятся к нелесным землям

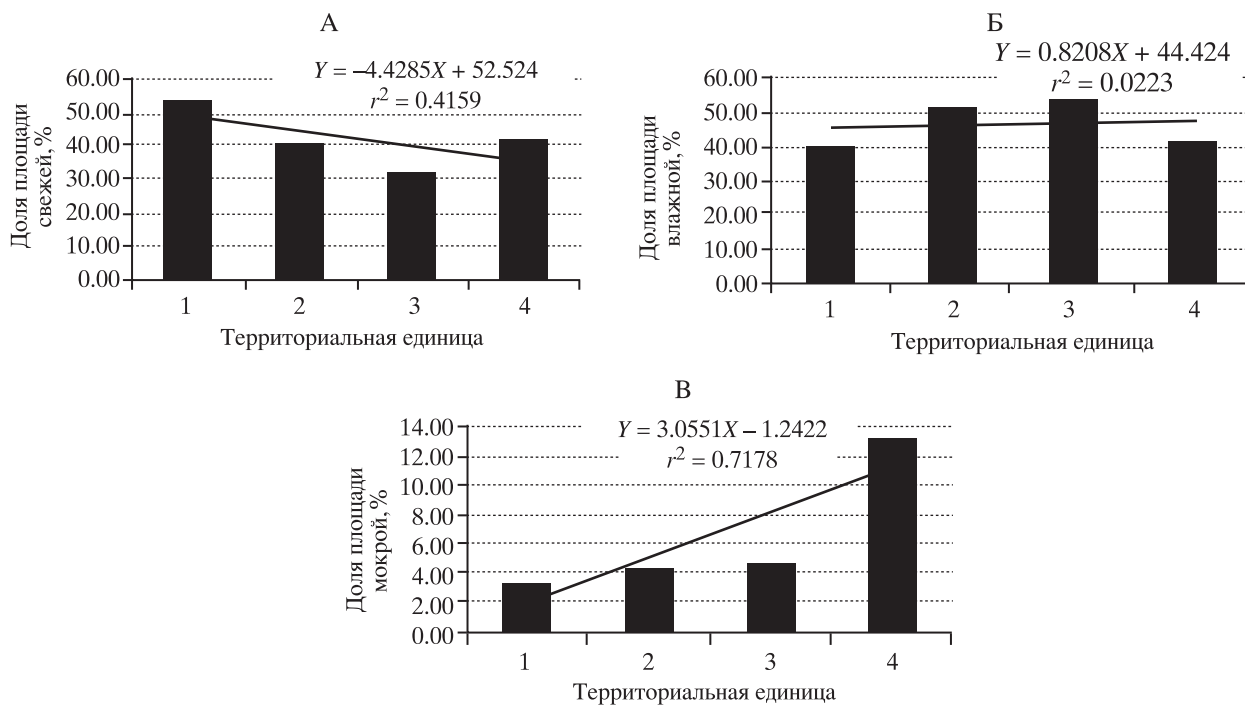
**Таблица 3.** Распределение площади лесов разных классов бонитета в зависимости от высоты над уровнем моря

Бонитет	Территориальные единицы							
	1		2		3		4	
	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов
–	223.1	79	474.7	160	944.4	64	81.3	21
1	884.6	293	1557.9	603	969.6	325	334.8	123
1А	29.6	7	50.7	17	58.7	13	11.7	4
2	2380.3	792	5111.6	1711	4139.3	1291	731.6	260
3	1308.7	468	3204.7	1049	2349.4	746	297.8	111
4	269.8	110	445.2	163	368.4	134	126.3	39
5	120.3	40	203.3	47	328.7	89	172.6	38
5А	2.6	1	149.1	27	270.8	46	123.9	19
5Б	0	0			2.1	1	54.8	5

– для этих объектов отсутствуют сведения в лесоустроительных материалах, так как они относятся к нелесным землям

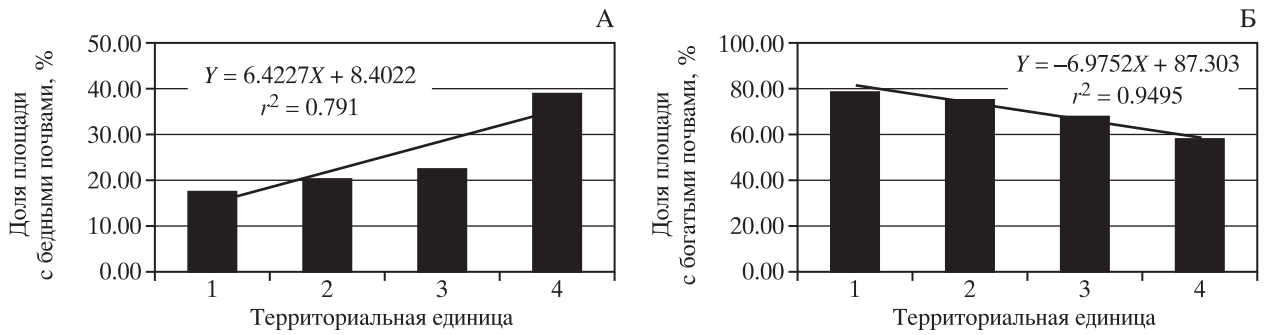


**Рис. 6.** Распределение площади лесов разных серий типов леса по территориальным единицам: А – с оптимальным увлажнением – ряд А; Б – с проточным увлажнением – ряд D; В – с застойным увлажнением – ряд В (доля площади территориальной единицы, %).

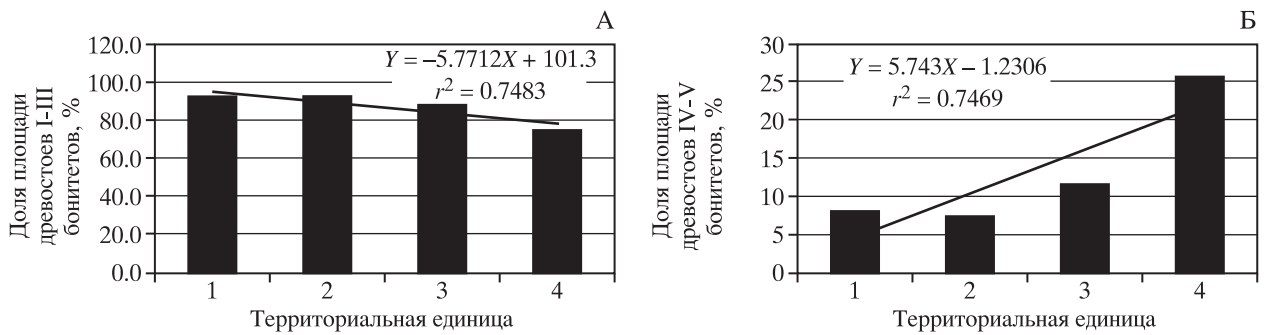


**Рис. 7.** Распределение площади лесов с разным режимом увлажнения по территориальным единицам: свежая (А), сырая+влажная (Б), мокрая (В) (доля площади территориальной единицы, %).

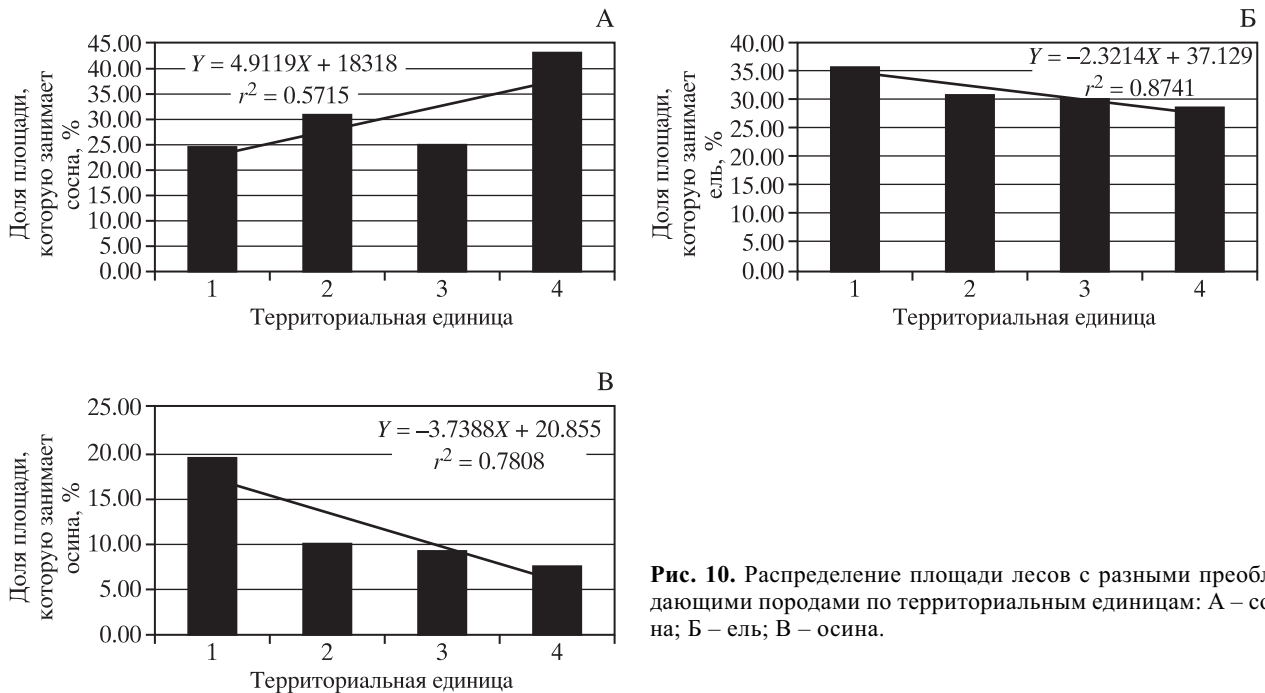




**Рис. 8.** Распределение площади лесов с разным богатством мест обитания по территориальным единицам: с бедными почвами (А), с богатыми почвами (Б) (доля площади территориальной единицы, %).



**Рис. 9.** Распределение площади лесов с разными классами бонитета по территориальным единицам: А – I – III; Б – IV – V.



**Рис. 10.** Распределение площади лесов с разными преобладающими породами по территориальным единицам: А – сосна; Б – ель; В – осина.

**Таблица 4.** Распределение площадей с преобладанием разных древесных пород в зависимости от высоты над уровнем моря

Наименование		Территориальные единицы							
		1		2		3		4	
		число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га	число объектов	площадь, га
По породам	Б	265	782.6	912	2641.1	667	2364.6	99	290.1
	Д	2	2.8	0		1	0.7	1	1.3
	Е	614	1872.6	1250	3485.2	950	2797.4	213	553.9
	Ива	0	0	1	1.2	0	0	0	0
	К	2	2.1	0	0	0	0	0	0
	Л	2	1.8	2	1	1	1.7	3	12.5
	Липа	2	1.4	0	0	0	0	0	0
	Ол.с	12	26.8	25	42.3	20	45	8	13.6
	Ол.ч	3	7.7	6	9.3	15	49.3	2	3.1
	Ос	319	1019.4	372	1120.1	239	861.5	43	142.4
	С	488	1270	1045	3410.7	752	2366.8	227	822.1
	–	81	231.8	164	486.3	64	944.4	24	95.8
Итого	1790	5219	3777	11197.2	2709	9431.4	620	1934.8	

– для этих объектов отсутствуют сведения в лесоустроительных материалах, так как они относятся к нелесным землям

муляцией питательных веществ преимущественно на пониженных участках рельефа местности.

Эти результаты хорошо согласуются с выявленной ранее закономерностью о преимущественном расположении на пониженных участках рельефа в лесхозе земель сельскохозяйственного назначения, под которые исторически отводятся наиболее богатые и продуктивные почвы [14].

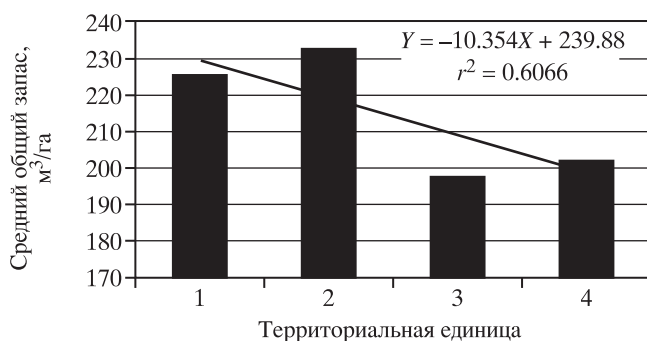
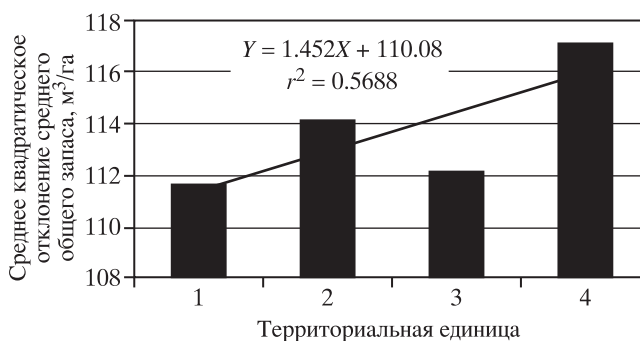
В Табл. 3 приведено распределение площади лесов разных классов бонитета в зависимости от высоты над уровнем моря

С увеличением высоты над уровнем моря происходит сокращение доли площади занимаемой насаждениями высоких классов бонитета (с 92 до

74 %) (рис. 9, А), соответственно растет процент площади низкобонитетных насаждений (с 8 до 26 %), так как при этом увеличиваются доли площади с бедными почвами и верховых болот (рис. 9, Б).

Распределение площадей с преобладанием разных древесных пород в зависимости от высоты над уровнем моря представлено в Табл. 4.

Доля площади, занимаемой елью и осиной, снижается с ростом высотной отметки: для ели с 36 до 29% от площади территориальной единицы (рис. 10, Б), для осины с 19 до 7%. Осина произрастает на пониженных участках с богатыми почвами, в поймах рек Тосно и Сердце (рис. 10, В).

**Рис. 11.** Распределение среднего общего запаса насаждений на 1 га покрытой лесом площади по территориальным единицам.**Рис. 12.** Среднее квадратическое отклонение среднего общего запаса по территориальным единицам.

Сосновые насаждения преимущественно распределены на повышенных участках (Рис. 10, А), доля занимаемой ими площади возрастает с 24 до 42%.

Средний общий запас насаждений уменьшается с ростом высоты над уровнем моря соответствующих территориальных единиц (с 225 до 202 м<sup>3</sup>/га) (рис. 11), что подтверждает выявленные выше закономерности.

Разброс запасов древесины вокруг среднего значения по территориальным единицам достаточно значителен. Изменчивость такого важного таксационного показателя, как запас, измеряется средним квадратическим отклонением (рис. 12) и имеет значение для определения, например, необходимого числа пробных площадей для государственной инвентаризации лесов с заданной точностью, а также для целей лесного планирования.

На рис. 12 видно, что с увеличением высоты над уровнем моря изменчивость запаса, измеряемого средним квадратическим отклонением, закономерно увеличивается.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований территории Лисинского лесхоза были выделены четыре территориальных единицы, по рангу соответствующих ландшафтными местностями, каждая из которых различается по высоте над уровнем моря, геологическим породам, типам условий местопроизрастания и, как следствие, по преобладающим породам, запасам, бонитетам.

Выполненный анализ подтверждает важность рельефа местности как косвенного, постоянно действующего экологического фактора в значительной, иногда в решающей степени определяющей структуру и продуктивность лесного растительного покрова.

Рельеф местности относительно легко определяется по различным материалам дистанционного зондирования Земли – от традиционной аэрофотосъемки до методов лазерного сканирования [6, 17, 25]. Учитывая влияние рельефа местности на растительность, он должен быть в первую очередь принят во внимание для стратификации территории лесного фонда при планировании и проведении инвентаризации лесных ресурсов.

Полученные закономерности могут быть использованы при проведении планового лесоустройства [26]. Рекомендуется закрепить выявленные территориальные единицы в качестве

постоянных учетно-хозяйственных территориальных единиц и разработать для них набор лесохозяйственных мероприятий по использованию, воспроизводству, охране и защите лесов на ландшафтно-экологической основе [19].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.С., Черниковский Д.М. Структура и продуктивность лесов в зависимости от формы поверхности рельефа ландшафтов (на примере Карельского перешейка Ленинградской области) // Лесоведение. 2001. № 3. С. 23–30.
2. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1988. 252 с.
3. Герасимов Ю.Ю., Кильпелайнен С.А., Давыдов Г.А. Геоинформационные системы. Йоэнсуу: Изд-во ун-та Йоэнсуу, 2001. 201 с.
4. Громцев А.Н. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных сосновых лесов Карелии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1993. 160 с.
5. Громцев А.Н. Основы ландшафтной экологии Европейских таежных лесов России. Петрозаводск. Изд-во ПетрГУ, 2008. 238 с.
6. Данюлис Е.П., Жирин В.М., Сухих В.И., Эльман Р.И. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве. М.: Изд-во Агропромиздат, 1989. 213 с.
7. 200 лет лесному учебному и опытному делу в Лисинском учебно-опытном лесхозе / Под ред. Г.И. Редько. СПб.: Изд-во ЛТА, 1997. 356 с.
8. Земляков Б.Ф. Геологический очерк Лисинской лесной дачи // Природа и хозяйство учебно-опытных лесничеств Ленинградского лесного института: Сб. статей под редакцией проф. Л.А. Иванова, Н.П. Кобранова, В.Н. Сукачева. М.: Новая деревня, 1928. С. 241–270.
9. Исаченко А.Г. Ландшафтные типы лесных местопроизрастаний: определение, классификация, картографирование, характеристика // Устойчивое лесоуправление и критерии его оценки в период перехода к рыночной экономике. Тр. Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб., 1998. 201 с.
10. Исаченко А.Г., Шляпников А.А. Ландшафты. М.: Изд-во Мысль, 1989. 504 с.
11. Киреев Д.М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск: Изд-во Наука, 1977. 213 с.
12. Киреев Д.М. Лесное ландшафтоведение. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской гос. лесотехнической академии, 2007. 540 с.
13. Ласточкин А.Н. Геоэкология ландшафта. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та, 1995. 279 с.
14. Лисино. 200 лет служения лесам России (под ред. Селиховкина А.В.). СПб. Изд-во Санкт-Петербургской гос. лесотехнической академии, 2009. 224 с.

15. *Лисицкий Д.В.* Основные принципы цифрового картографирования местности. М.: Изд-во Недр, 1988. 261 с.
16. *Маргалеф Р.* Облик биосферы. М.: Наука, 1992. 214 с.
17. *Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р.* Лазерная локация земли и леса: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Геолидар, Геоскосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. 230 с.
18. *Морозов Г.Ф.* Избранные труды. М.: Лесн. пром., 1970. Т. 1. 559 с.
19. Общие принципы стратегии лесопользования и лесовыращивания на ландшафтно-типологической основе. Сб. науч. трудов Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб, 1994. 134 с.
20. *Порядин В.С.* Стохастические модели в морфо-структурном анализе. М.: Недра, 1985. 152 с.
21. *Райс Р.Дж.* Основы геоморфологии. М.: Прогресс, 1980. 364 с.
22. *Степанов И.Н.* Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М.: Наука, 2006. 230 с.
23. *Страхов В.В., Сысуев В.В.* Перспективы использования географических информационных систем для устойчивого управления лесами России // Лесн. хоз-во. 1998. № 3. С. 19–22.
24. *Сукачев В.Н.* Избранные труды. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 418 с.
25. *Сухих В.И.* Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. Йошкар-Ола, 2005. 392 с.
26. *Сысуев В.В., Шарый П.А.* Выделение типов условий местопроизрастания для лесоустройства по участковому методу // Лесоведение. 2000. № 5. С. 10–19.
27. *Трейфельд Р.Ф., Филиппов Ю.В.* Геоинформационные системы в российском лесоустройстве // Лесн. хоз-во, 1998. № 2. С. 43–45.
28. *Черниковский Д.М., Алексеев А.С.* Влияние формы поверхности рельефа на структуру и продуктивность лесных ландшафтов (на примере заповедника Верхне-Тазовский Ямало-Ненецкого АО) // Лесоведение. 2003. № 5. С. 10–17.
29. *Шаранов И.П.* Функции распределения высоты рельефа // Рельеф Земли и математика. М.: Мысль, 1967. С. 72–79.
30. *Шарый П.А., Курякова Т.А., Флоринский И.В.* О международном опыте применения методов топографии в ландшафтных исследованиях // Геометрия структур земной поверхности. Пущино: Изд-во Пущинского НЦ АН СССР, 1991. С. 15–29.
31. *Kohl M., Magnussen S., Marchetti M.* Sampling methods, remote sensing and GIS multisource forest inventory. Springer-Verlag. Berlin; Heidelberg. 2006. 374 p.
32. *Kohonen T.* Self-organizing maps. Springer series in information science. Springer, Berlin. 2001. V. 3. 236 p.
33. *Moller J., Waagepetersen R.P.* Modern statistics for spatial point processes // Scandinavian Journal of Statistics. V. 34. 2007. P. 643–684.
34. *Shary P.A.* Land surface in gravity points classification by a complete system of curvatures // Mathematical Geology. 1995. V. 27. № 3. P. 373–390.
35. *Turner M.G.* Landscape ecology: what is the state of the science // Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 2005. № 36. P. 319–344.
36. *Urban D.L., O'Neill R.V., Shugart H.H.* Landscape ecology // BioScience. 1987. № 37. P. 119–127.

## **Surficial topography controls of the structure and productivity of forest landscapes: analysis with 3D-modeling based on GIS-technology application (Lisino experimental forest station)**

**Alekseev A. S., Nikiforov A. A.**

Exemplified by forest fund areas located within the Lisino experimental forest station of Saint-Petersburg State Forest Technical University the influence of surficial topography on the structure and productivity of forest vegetation cover is studied. Based on the 3D digital elevation model of the surface studied and GIS created with MapInfo Professional 6.0 the 4 spatial units differing by absolute altitude are identified. Landscape interpretation of the spatial units was provided based on simultaneous analysis of topographical, geological, geochemical and forest information with GIS tools. It is shown that based on spatial units studied the corresponding landscapes of the terrain rank are naturally identified. The ties between structure and productivity of forests of the different terrains are understood, and the digital map is created to allow defining unambiguously the natural margins of the terrains. The spheres of the practical application of the results of the study are provided.

*Topography, landscape, GI, 3D model, morphometry, land category, forest type, yield class, dominant forest specie.*