

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования

---



Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

**«Нижегородская государственная  
сельскохозяйственная академия»**

---

Кафедра лесоводство и лесозащита

## ЭКОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие по подготовке к лабораторным занятиям  
для студентов направления 350301 - Лесное дело

Нижний Новгород  
2015

Составители Д.А. Лапшин, Е.А. Мариничев, К.П. Татаринов

УДК:630.385

Экология: Учебно-методическое пособие по подготовке к лабораторным занятиям для студентов направления 350301 - Лесное дело / Д.А. Лапшин, Е.А. Мариничев, К.П. Татаринов. - Н.Новгород: НГСХА, 2015. – 36 с.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии

Рецензент:

заведующий кафедрой лесных культур, д.с.-х.н., профессор В.П.Бессчетнов

© Коллектив авторов, 2015

© Нижегородская государственная  
сельскохозяйственная академия, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
Лабораторная работа № 1 .....	7
Лабораторная работа № 2 .....	9
Лабораторная работа № 3 .....	12
Лабораторная работа № 4 .....	19
Лабораторная работа № 5 .....	22
Лабораторная работа № 6 .....	24
Лабораторная работа № 7 .....	30
Лабораторная работа № 8 .....	33
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	36

## ВВЕДЕНИЕ

Лесные насаждения важнейший компонент биосферы Земли. Знание экологической роли лесных сообществ в формировании среды планеты является обязательным при подготовке студентов по направлению 250100 – Лесное дело. Лес - природное единство, составной частью которого является и среда. Поэтому отделение среды и леса здесь является несколько условным, но оно необходимо в целях постепенного раскрытия прямых и обратных связей, определяющих жизнедеятельность леса и характер лесной среды.

В настоящее время с большей остротой встает вопрос об экологическом образовании населения нашей планеты, так как экологические проблемы по сохранности окружающей среды и видов, занимающих эту среду проникают в различные отрасли хозяйственной деятельности человека. В программе курса экологии, согласно учебному плану, предусмотрены лабораторные занятия с выполнением биогеоценотических исследований. Каждый студент получает от преподавателя задание на выполнение лабораторной работы, анализирует соответствующую тематике литературу. Данное учебно-методическое пособие поможет студенту установить алгоритм выполнения лабораторного задания и осуществить действия по его выполнению.

Бакалавр по направлению подготовки 35.03.01 – Лесное дело в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС ВПО по данному направлению, при изучении дисциплины «Экология» должен обладать следующими **компетенциями**: ОК-4 способностью использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности, ОПК-4 обладанием базовыми знаниями роли основных компонентов лесных и урбоэкосистем: растительного и животного мира, почв, поверхностных и подземных вод, воздушных масс тропосферы в формировании устойчивых, высокопродуктивных лесов, ОПК-12 способностью воспринимать научно-техническую информацию, готовностью изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, ПК-10 умением применять современные методы исследования лесных и урбо-экосистем.

## Лабораторная работа № 1

### Основные лесообразующие древесные породы лесной зоны

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Определение и задачи лесоведения и лесоводства. Основные принципы лесоводства. Особенности лесоводства. Этапы развития отечественного лесоводства. Понятие о лесе. Биосферные и социальные функции леса. Лесной биогеоценоз, его компоненты и свойства. Компоненты лесного фитоценоза. Вертикальная и горизонтальная структура лесного фитоценоза. Факторы лесообразования. Возрастные этапы в жизни леса. Классификация Г. Крафта. Особенности деревьев, выросших на свободе и в лесу. Чистые и смешанные древостои. Простые и сложные древостои.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Лес как природная система на разных уровнях. Многоцелевое пользование лесом. Системный комплексный подход к лесу как природной системе. Лес – явление географическое. Леса мира. Биологическая продуктивность лесов и других типов растительности. Лесоводственно-географические особенности лесов России.

*Задания:*

**1.** Составьте описание одной главной, одной второстепенной и одной подлесочной древесной породы в виде небольшого реферата по следующему плану:

- ареал распространения;
- размеры взрослых деревьев (высота, диаметр); продолжительность жизни;
- характеристика кроны; расположение листьев (хвои), их форма;
- особенности формы ствола; цвет и строение коры;
- корневая система;
- способы размножения; возраст и периодичность плодоношения; время цветения, период созревания плодов и семян, способ их распространения;
- отношение к свету, теплу, влаге, почве;
- особенности деревьев, которые необходимо учитывать при осуществлении лесозаготовительных работ;
- области применения древесины данных пород.

Варианты заданий представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты заданий

№ варианта	Породы	Характеристика пород
1.	сосна обыкновенная, липа мелколистная, рябина обыкновенная	
2.	ель европейская, вяз гладкий,	

№ варианта	Породы	Характеристика пород
	лещина обыкновенная	
3.	пихта сибирская, клен остролистный, жимолость обыкновенная	
4.	лиственница сибирская, граб обыкновенный, бересклет бородавчатый	
5.	сосна обыкновенная, дуб черешчатый, лещина обыкновенная	
6.	пихта сибирская, береза повислая, рябина обыкновенная	
7.	сосна обыкновенная, береза пушистая, крушина ломкая	
8.	ель европейская, ольха черная, жимолость обыкновенная	
9.	лиственница сибирская, ясень обыкновенный, калина обыкновенная	
10.	ель европейская, осина (тополь дрожащий), бузина черная	

2. Из таксационных описаний, выданных преподавателем, подберите следующие насаждения и заполните таблица 2:

- чистый хвойный древостой;
- чистый лиственный древостой;
- смешанный древостой;
- простое насаждение;
- сложное насаждение.

Таблица 2 - Таксационные показатели и характеристика древостоя

Состав древостоя с указанием возраста	Ярус	Средние		Класс бонитета	Относительная полнота	Характеристика древостоя
		высота, Н <sub>ср</sub> , м	диаметр, D <sub>ср</sub> , м			

## Лабораторная работа № 2

### Экология леса

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Значение климата в лесоводстве. Зональные черты растительности. Климатические показатели.

Значение солнечной радиации для жизнедеятельности древесных растений. Свет как лимитирующий фактор. Сравнительная потребность древесных пород в освещенности. Методы оценки светолюбия и теневыносливости древесных пород.

Отношение древесных пород к теплу. Компенсация тепла другими факторами. Влияние на лес низких и высоких температур. Влияние леса на температуру воздуха и почвы. Лесохозяйственные методы регулирования температуры воздуха и почвы. Роль ветра в жизни леса. Влияние леса на ветер. Ветровал и бурелом. Меры повышения ветроустойчивости древостоев.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Модели зависимости роста леса от климата. Климатические классификации. Системный подход к оценке солнечной радиации. Погрешности изолированного анализа светового фактора. Свет и продуктивность экосистемы. Конкуренция из-за света. Состав воздуха и его значение в жизни леса. Изменение содержания углекислого газа в лесу по вертикали. Роль леса в поглощении углекислоты. Влияние леса на газовый состав атмосферы.

*Задания:*

**I.** По литературным источникам опишите следующие методы определения светопотребности: М.К. Турского, Я.С. Медведева и И. Визнера. Определите отношение древесных пород к свету различными методами, используя данные таблицы 3-5. Расположите породы по степени уменьшения светопотребности. Найдите и объясните расхождение в оценке светопотребности древесной породы различными методами.

Таблица 3 - Определение светопотребности древесных пород по методу М.К.Турского

Древесная порода	Масса годового прироста 100 саженцев в граммах при освещенности:		Уменьшение прироста, %
	100%	50%	
Береза повислая	234	141	
Бук восточный	400	385	
Дуб черешчатый	370	238	
Ель европейская	123	116	
Липа мелколистная	234	203	
Осина	304	193	
Пихта сибирская	58	56	
Сосна обыкновенная	165	103	

Уменьшение прироста рассчитывается по формуле:

$$УП = \left(1 - \frac{МГП_{50}}{МГП_{100}}\right) * 100$$

где УП – уменьшение прироста, % (чем больше процент уменьшения прироста, тем более светолюбивее порода); МГП<sub>50</sub> – масса годичного прироста 100 саженцев при освещенности 50%, г; МГП<sub>100</sub> – масса годичного прироста 100 саженцев при освещенности 100%, г.

Таблица 4 - Определение относительных высот по методу Я.С. Медведева (таксационный метод)

Древесная порода	Таксационные показатели древесной породы, выросшей в насаждении		Относительная высота
	высота, м	диаметр, см	
Береза повислая	19	19	
Бук восточный	16	33	
Дуб черешчатый	16	26	
Ель европейская	14	28	
Липа мелколистная	14	24	
Осина	19	30	
Пихта сибирская	18	41	
Сосна обыкновенная	14	18	

Относительная высота рассчитывается по формуле:

$$H_{отн} = \frac{H}{D}$$

где H<sub>отн</sub> – относительная высота древесной породы (определяется до десятых долей); H – высота древесной породы, выросшей в насаждении, см; D – диаметр древесной породы, выросшей в насаждении, см.

По мнению Я.С. Медведева, чем больше относительная высота древесной породы, выросшей в насаждении, тем более она светолюбива.

Таблица 5 - Определение уровня светопотребности по методу И. Визнера (фотометрический метод)

Древесная порода	Освещенность, тыс. лк		Относительное «световое довольствие», %
	под кроной, листвой и т.п. в лесу	на открытом месте (полное освещение)	
Береза повислая	3,2	28	
Бук восточный	0,4	26	
Дуб черешчатый	1,1	29	
Ель европейская	0,7	22	
Липа мелколистная	0,9	35	
Осина	4,3	47	
Пихта сибирская	0,6	22	
Сосна обыкновенная	5,1	46	

Относительное «световое довольствие» рассчитывается по формуле:



$$L = \frac{i}{j} * 100$$

где L – «световое довольствие» - минимум освещения, при котором растение еще может ассимилировать, % (чем больше процент относительного «светового довольствия», тем более светолюбивая порода); *i* – освещенность под кроной, листвой и т.п. в лесу, тыс. лк.; *j* – освещенность на открытом месте (полное освещение), тыс.лк.

2. По данным таблица 6 вычертите графики отличий среднемесячных температур воздуха в течение года под пологом трех древостоев по сравнению с температурой воздуха открытого пространства, принятой при построении кривых за нулевое значение. Масштаб по оси абсцисс: 1 см = 1 месяц; по оси ординат: 1 см = 0,1<sup>0</sup>С.

Сделайте анализ различий средних температур воздуха в каждом насаждении и укажите, под пологом какого древостоя летом наиболее низкая температура, а зимой – наиболее высокая. Чем это объясняется?

Таблица 6 - Различие температуры воздуха под пологом древостоя и на открытом месте, <sup>0</sup>С

Месяц	Древостой			Месяц	Древостой		
	буковый	сосновый	еловый		буковый	сосновый	еловый
I	0,10	0,15	0,30	VII	-0,50	-0,20	-0,30
II	0,0	0,0	0,05	VIII	-0,35	-0,20	-0,25
III	0,15	0,0	0,10	IX	-0,30	-0,10	-0,25
IV	0,10	0,10	0,15	X	-0,05	-0,05	-0,05
V	-0,10	-0,10	-0,20	XI	-0,05	0,0	0,10
VI	-0,40	-0,20	-0,2	XII	0,10	0,15	0,20

3. Составьте ряд распределения древесных пород по степени теплолюбия, начиная с самой теплолюбивой породы, на основании фенологических наблюдений, приведенных в таблица 7.

Таблица 7 - Сроки наступления фенофаз у основных лесообразующих древесных пород (по Н.Е. Булыгину)

Древесные породы	Набухание почек		Распускание листьев		Опадение листьев		Среднее место
	Дата	Место	Дата	Место	Дата	Место	
Береза повислая	02.05		12.05		30.09		
Дуб черешчатый	15.05		23.05		23.09		
Ель европейская	26.04		24.05		-		
Липа мелколистная	14.05		19.05		18.09		
Лиственница сибирская	28.04		04.05		03.10		
Осина	14.05		19.05		19.09		
Сосна обыкновенная	25.04		05.06		-		

Примечание. \* Место – место в ряду теплолюбия.

4. Рассчитайте скорость ветра в процентах на разном расстоянии от опушки (таблица 8). Ветер дует перпендикулярно стене леса. Скорость ветра на открытом месте 6,8 м/с. По полученным данным постройте график.

Масштаб принять равным: по оси абсцисс – в 1 см = 100 м, по оси ординат - в 1 см = 10%.

Определите скорость ветра с наветренной и подветренной сторон в процентах от его скорости на открытом месте и в м/с на расстояниях, равных 5, 10, 20 и 30 высотам древостоя (средняя высота древостоя 22 м). Результаты расчетов представьте в таблице, аналогичной таблице 8. Сделайте выводы.

Таблица 8 - Скорость ветра на разном расстоянии от опушки

Расстояние от опушки, м	Скорость ветра			
	с наветренной стороны		с подветренной стороны	
	м/с	%	м/с	%
0	2,7		0,2	
50	3,5		1,8	
100	4,8		2,0	
200	5,6		2,9	
300	6,8		4,2	
400	6,8		5,1	
500	6,8		6,3	
600	6,8		6,6	
700	6,8		6,8	

### Лабораторная работа № 3

#### Экология леса

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Отношение древесных пород к влаге. Потребность во влаге и требовательность к ней. Водный баланс в лесу и на вырубках. Влияние леса на водный баланс. Влияние леса на уровень грунтовых вод. Роль леса в увлажнении атмосферы.

Роль почвы в лесной экосистеме. Влияние рельефа и горной породы на лесную растительность. Потребность древесных пород в элементах питания и методы ее определения. Требуемость древесных пород к количеству элементов питания в почве. Способы оценки почвенного плодородия. Бонитировка почв. Способы оценки почвенного плодородия. Адаптация насаждений к почве. Механизмы адаптации. Виды корневых систем и факторы, определяющие их развитие. Роль микоризы в жизни леса. Зависимость технических свойств древесины от почвы.

Биологический круговорот веществ между древостоем и почвой. Звенья и показатели скорости биокруговорота. Роль почвенной микрофлоры и дереворазрушающих грибов в биокруговороте веществ в лесу. Малый биокруговорот между живым напочвенным покровом и почвой, его значение в жизни леса. Почвоулучшающие и почвоухудшающие древесные породы. Роль леса в почвообразовании. Лесохозяйственные способы повышения

плодородия лесных почв.

Роль растительных компонентов в лесной экосистеме. Древостой как эдификатор, доминант и основной продуцент. Положительное и отрицательное значение подлеска в жизни леса. Факторы, определяющие видовой состав и состояние живого напочвенного покрова в лесу. Растения-индикаторы и спутники. Положительное и отрицательное значение живого напочвенного покрова в лесу. Влияние фауны на структуру и динамику растительности в лесу. Основные экосистемные функции фауны, ее роль в биокруговороте веществ и связь с онтогенезом древостоя. Пищевые цепи и экологические пирамиды.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Особенности снегонакапливания и снеготаяния в лесу. Модели задержания осадков пологом леса. Зависимость эвапотранспирации от состава и возраста древостоев. Математическое моделирование почвенного плодородия. Причины пониженной точности математических моделей почвенного плодородия. Ценоотические отношения в лесу. Влияние хозяйственной деятельности в лесу на фауну. Пастьба скота в лесу.

*Задания:*

1. По данным таблица 9 постройте диаграмму, отражающую годовой расход воды лесных и открытых территорий.

Объясните изменения расхода воды на отдельные статьи водного баланса в лесу и на лугу.

Таблица 9 - Годовой расход воды лесных и открытых территорий, мм; Ленинградская область, суглинистые почвы (по С.В. Белову)

Статья водного баланса	Лес: 9Е1Б, 60 лет, II бонитет, полнота 0,8	Луг
Осадки общие $O_{\text{общ}}$	640	640
Осадки под пологом $O_{\text{подпол}}$	510	640
Задержано кронами $O_{\text{кр}}$	130	0
Суммарное испарение $\Sigma I$	480	430
Испарение с напочвенного покрова $I$	70	220
Испарение с крон деревьев $I_{\text{кр}}$	130	0
Транспирация $T$	280	210
Сток поверхностный $C_{\text{п}}$	30	135
Сток грунтовый $C_{\text{г}}$	130	75

2. Установите, как изменяются с увеличением возраста древостоя следующие показатели:

- количество задержанных пологом осадков ( $O_{\text{кр}}$ );
- расход влаги на транспирацию ( $T$ );
- испарение с напочвенного покрова ( $I$ );
- расход влаги на поверхностный сток ( $C_{\text{п}}$ );
- расход влаги на грунтовый сток ( $C_{\text{г}}$ ).

Для этого по приведенным ниже исходным данным своего варианта (таблица 10) постройте пять графиков ( $O_{\text{кр}}$ ,  $T$ ,  $I$ ,  $C_{\text{п}}$ ,  $C_{\text{г}}$ ) и проанализируйте

каждую кривую. По горизонтали отложите возраст в 1 см = 10 лет. Масштаб по вертикали студент подбирает сам. Показатели, недостающие в таблица 10, рассчитайте по формулам:

$$O_{c_{кр}} = O_{c_{общ}} - O_{c_{подпол}}$$

$$\Phi = 1,7 \cdot \Delta M$$

$$V_{\phi} = \frac{\Phi}{10}$$

$$T = O_{c_{общ}} - O_{c_{кр}} - I - C_2 - C_n - V_{\phi}$$

$$\sum I = I + T + O_{c_{кр}}$$

где  $O_{c_{кр}}$  – количество осадков, задержанных кронами деревьев, мм;  $O_{c_{общ}}$  – общая сумма осадков, мм;  $O_{c_{подпол}}$  – количество осадков, проникающих под полог древостоя, мм;  $\Phi$  – фитомасса, т/га;  $V_{\phi}$  – влага, содержащаяся в фитомассе, мм;  $T$  – транспирация, мм;  $I$  – испарение с почвенного покрова, мм;  $C_n$  – поверхностный сток, мм;  $C_r$  – грунтовый сток, мм;  $\sum I$  – суммарное испарение, мм.

Таблица 10 - Баланс влаги в лесу

Возраст, лет	Прирост сухой фитомассы $\Delta M$ , т/га	Осадки под пологом, мм	$O_{c_{кр}}$ , мм	$\Phi$ , т/га	$V_{\phi}$ , мм	$I$ , мм	$C_n$ , мм	$C_r$ , мм	$T$ , мм	$\sum I$ , мм
1. Букняк разнотравный – ежевикový, Кавказ, Н = 1100 над у.м., 10Бк+П, I класс бонитета, полнота – 0,9, общее количество осадков 2300 мм/год										
20	3,9	2207				208	181	1427		
30	6,6	2148				202	141	1392		
40	9,2	2106				200	139	1333		
50	11,1	2104				198	138	1330		
60	11,5	2100				197	137	1326		
70	12,0	2098				196	136	1324		
80	10,0	2100				196	136	1326		
90	9,0	2102				196	136	1330		
100	8,0	2104				197	137	1332		
120	6,1	2110				199	140	1336		
140	5,1	2122				201	144	1346		
160	4,7	2140				206	148	1375		
180	3,5	2164				210	153	1430		
2. Сосняк–кисличник, 10С, I класс бонитета, полнота – 0,8, общее количество осадков 580 мм/год										
20	4,4	460				80	40	119		
30	6,0	442				65	20	103		
40	6,5	440				65	19	88		
50	6,9	445				68	20	84		
60	6,8	450				70	20	98		
70	6,6	452				72	20	111		
80	6,2	454				74	20	127		
90	5,7	456				76	20	143		
100	5,5	460				78	20	151		
120	3,8	466				84	31	180		
140	2,3	470				95	43	192		
3. Березняк–кисличник, 9Б1Ос, I класс бонитета, полнота – 0,9, общее количество осадков 560 мм/год										
20	4,0	500				82	40	97		

Возраст, лет	Прирост сухой фитомассы $\Delta M$ , т/га	Осадки под пологом, мм	$O_{кр}$ , мм	$\Phi$ , т/га	$B_{\phi}$ , мм	$I$ , мм	$C_{п}$ , мм	$C_{г}$ , мм	$T$ , мм	$\Sigma I$ , мм
30	5,2	490				73	25	81		
40	7,2	485				72	23	89		
50	7,4	487				73	23	94		
60	7,2	488				74	24	99		
70	6,9	490				82	25	100		
80	6,6	495				90	26	104		
90	3,6	504				106	28	141		
100	3,0	514				126	40	170		
4. Ельник – кисличник, 9Е1С, I класс бонитета, полнота – 0,9, общее количество осадков 650 мм/год										
30	5,1	498				58	20	121		
40	6,1	489				55	20	103		
50	6,6	489				55	20	105		
60	7,0	490				56	21	107		
70	6,8	491				57	22	111		
80	6,6	493				59	24	118		
90	6,3	494				61	24	117		
100	5,6	495				64	26	164		
120	3,0	500				74	28	187		
140	2,2	510				90	43	201		
5. Осинник-кисличник, 9О1Б, I класс бонитета, полнота – 0,8, общее количество 570 мм/год										
20	6,2	508				69	35	125		
30	6,8	500				70	34	114		
40	7,2	501				70	33	121		
50	6,6	502				71	33	125		
60	6,1	505				73	34	129		
70	5,1	509				81	35	130		
80	3,8	513				83	36	132		
90	2,6	519				105	40	146		
100	1,5	526				124	52	170		
6. Дубняк кленово-снытевый, 9Д1К, I класс бонитета, полнота – 0,9, общее количество осадков 530 мм/год										
20	8,9	472				76	18	93		
30	9,5	466				72	15	85		
40	10,1	464				71	14	80		
50	10,2	464				71	1	82		
60	10,3	464				70	13	84		
70	10,2	465				70	13	86		
80	10,0	466				71	14	86		
90	9,6	467				72	14	87		
100	9,2	468				73	15	96		
120	8,4	469				78	16	103		
140	7,5	470				82	18	119		
160	6,8	472				88	20	135		
7. Сосняк – брусничник, 9С1Б, III класс бонитета, полнота – 0,8, общее количество осадков 510 мм/год										
20	3,0	428				90	36	91		
30	4,1	420				85	26	89		

Возраст, лет	Прирост сухой фитомассы $\Delta M$ , т/га	Осадки под пологом, мм	$O_{кр}$ , мм	$\Phi$ , т/га	$V_{ф}$ , мм	$I$ , мм	$C_{п}$ , мм	$C_{г}$ , мм	$T$ , мм	$\Sigma I$ , мм
40	4,8	422				84	21	92		
50	5,0	423				86	20	91		
60	5,0	424				88	20	91		
70	4,9	425				89	21	96		
80	4,4	426				91	22	113		
90	3,7	428				93	23	137		
100	3,1	430				95	24	152		
120	2,2	433				100	28	172		
140	1,7	437				108	34	185		
8. Ельник-черничник, 9Е1Б, III класс бонитета, полнота – 0,7, общее количество осадков 520 мм/год										
20	2,5	422				78	26	132		
30	3,4	400				60	17	96		
40	4,0	400				59	16	84		
50	4,2	400				60	16	82		
60	4,4	402				60	17	84		
70	4,3	403				61	17	86		
80	4,0	404				62	18	103		
90	3,4	405				63	19	119		
100	2,8	407				65	20	134		
120	1,5	414				70	22	165		
140	1,3	422				77	28	180		
9. Березняк-брусничник, 10Б, III класс бонитета, полнота – 0,7, общее количество осадков 560 мм/год										
20	3,5	512				86	44	101		
30	4,8	505				83	36	100		
40	6,3	500				85	34	100		
50	6,5	502				87	34	105		
60	6,2	503				89	35	110		
70	5,1	506				92	36	121		
80	4,8	511				99	27	126		
90	3,6	520				114	40	149		
100	2,6	528				130	47	181		
10. Ельник чернично-кисличный, 9Е1С, II класс бонитета, полнота – 0,9, общее количество осадков 540 мм/год										
20	3,2	430				66	25	97		
30	4,1	414				53	17	75		
40	4,7	410				54	16	64		
50	5,4	410				54	16	63		
60	5,5	411				55	16	64		
70	5,4	412				55	16	65		
80	5,3	414				56	17	63		
90	5,1	415				57	18	69		
100	4,9	417				58	19	75		
120	3,9	424				63	21	134		
140	2,3	432				72	28	172		

3. Определите характер и причины отрицательного воздействия влаги на отдельные древесные породы (таблица 11).

Таблица 11 - Вредное влияние осадков на лес

Факторы	Какие породы чаще повреждаются	Результат повреждения
Град		
Засуха		
Ожеледь		
Переувлажнение почвы		
Снег		

4. Определите для своего варианта (таблица 12) среднюю высоту древостоя одного возраста ( $H_{cp}$ ) в различных типах леса, с использованием морфологических моделей О.Г. Чернова (формулы):

Сосна:

$$H_{cp} = 9,93 + 0,096x_1 + 3,80x_3 - 0,024x_4 + 0,70x_5 - 0,00025x_1^2 - 0,012x_2^2 - 0,44x_3^2$$

Ель:

$$H_{cp} = 21,01 + 0,013x_1 - 0,069x_4 + 0,94x_5 - 0,061x_2^2 + 0,048x_3^2 + 0,00022x_4^2 - 0,034x_5^2$$

Примечания:

$x_1$  – возраст древостоя, лет;  $x_2$  – механический состав горизонта  $A_1$  в баллах (1 – песок, 2 – супесь, 3 – легкий суглинок, 4 – средний суглинок, 5 – тяжелый суглинок, 6 – глина, 7 – торф);  $x_3$  – механический состав горизонта  $C$  в баллах;  $x_4$  – средняя мощность лесной подстилки или торфа, см;  $x_5$  – отношение средних величин мощности  $A_1$  к мощности  $A_0$  (для торфа – отношение сильно разложившегося торфа к мощности слабо разложившегося торфа – очеса в верхнем 30-сантиметровом слое торфа).

В каждом из вариантов (таблица 12) имеется шесть типов леса с соответствующими почвами:

1 – сосняк вересковый, почва грубогумусовая поверхностно-подзолистая, на дюнных песках; 2 – сосняк кисличный, почва модергумусовая слабоподзолистая супесчано-суглинистая, на двучленных наносах; 3 – сосняк кустарничково-сфагновый, почва торфяно-болотная, на глубоких торфах; 4 – сосняк сфагновый, почва торфяно-перегнойная, на мелких торфах; 5 – ельник брусничный, почва грубогумусовая сильноподзолистая супесчаная, на песчаной морене; 6 – ельник кисличный, почва модергумусовая среднеподзолистая суглинистая, на ленточной глине.

Таблица 12 - Варианты задания

Древесная порода	Тип леса	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
<b>Вариант 1</b>						
Сосна	1	60	1	1	4	0,3
Сосна	2	60	2	5	3	3,3
Сосна	3	60	7	7	200	0
Сосна	4	60	7	7	80	0,5
Ель	5	60	2	2	5	0,2
Ель	6	60	5	6	2	8
<b>Вариант 2</b>						
Сосна	1	80	1	1	3	0,4

Древесная порода	Тип леса	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>
Сосна	2	80	3	5	3	3,5
Сосна	3	80	7	7	200	0
Сосна	4	80	7	7	85	0,4
Ель	5	80	2	1	4	0,3
Ель	6	80	4	6	2	7
<b>Вариант 3</b>						
Сосна	1	100	1	1	4	0,25
Сосна	2	100	2	5	3	3,6
Сосна	3	100	7	7	200	0
Сосна	4	100	7	7	90	0,5
Ель	5	100	2	2	5	0,3
Ель	6	100	5	6	2	8

Поясните, какие морфологические характеристики почвы в наибольшей мере определяют рост хвойных пород на дренированных и заболоченных местообитаниях. На каких почвах предпочитает расти сосна, а на каких ель?

5. Оцените участие травянистых растений в круговороте азота и зольных элементов в древостоях естественного происхождения разного возраста и молодых лесных культурах с разной сомкнутостью. Для этого заполните таблица 13. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Таблица 13 - Содержание различных элементов в ежегодно отмирающих частях древостоя и травянистых растений в период их интенсивного роста, кг/га

Характеристика древостоя	Элемент	Древостой			Травянистые растения		
		листья, хвоя	мелкие ветки, шишки, тонкие корни и прочие фракции	всего	зеленая часть	корни	всего
Ельник травяно-зеленомошный, 35 лет	N P K						
Ельник травяно-зеленомошный, 130 лет	N P K						
Сосняк (культуры), 10 лет, сомкнутость 0,8	N P K						
Сосняк (культуры), 10 лет, сомкнутость 0,5	N P K						



При расчетах принять следующее содержание основных макроэлементов (азот - N, фосфор – P, калий – K) в различных фракциях древесных и травянистых растений:

- листья, хвоя: 1,3% (N); 0,6% (P); 0,8% (K);
- ветви, шишки, тонкие корни и прочие фракции: 0,8 (N); 0,3% (P); 0,4% (K);
- зеленая часть травянистых растений: 1,8% (N); 0,6% (P); 3,0% (K);
- корни травянистых растений – 1,2% (N); 0,1% (P); 0,6% (K).

Данные о величине годичного опада надземных частей растений и отпада корней приведены в таблица 14.

Таблица 14 - Годичный опад надземных частей растений (хвоя, ветви, шишки и др.) и опад корней

Характеристика древостоя	Годичный опад и опад, т/га					
	Древостой			Травянистые растения		
	листья, хвоя	мелкие ветки, шишки, тонкие корни и прочие фракции	всего	зеленая часть	корни	всего
Ельник травяно-зеленомошный, 35 лет	2,4	0,5	2,9	1,0	0,7	1,7
Ельник травяно-зеленомошный, 130 лет	1,6	0,6	2,2	0,3	1,3	1,6
Сосняк (культуры), 10 лет, сомкнутость 0,8	3,1	0,7	3,8	0,7	7,7	8,4
Сосняк (культуры), 10 лет, сомкнутость 0,5	1,7	0,5	2,2	2,2	13,3	15,5

## Лабораторная работа № 4

### Средообразующая и рекреационная роль леса

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Категории лесов. Берего- и руслозащитные леса, их функции, размещение по площади, оптимальный состав. Водоохранные функции леса. Водорегулирующая роль леса и факторы, ее определяющие. Оптимальный состав водорегулирующих лесов. Влияние лесистости на речной сток. Нормы лесистости и размещение лесных массивов. Количественная оценка водорегулирующих свойств леса. Зависимость речного стока от состава древостоя, его возраста, свойств почвы. Почвозащитная и санитарно-гигиеническая роль леса. Функции почвозащитных лесов.

Функции рекреационных лесов. Санитарно-гигиеническая роль леса. Последствия рекреации в лесах зеленых зон. Стадии дистрессии. Принципы регулирования рекреационной нагрузки. Выбор главных пород и оптимального состава древостоя. Меры восстановления деградированных лесов.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Значение горных лесов. Государственные меры по усилению водоохраных и защитных функций леса. Вредные соединения в атмосфере, их основные источники. Устойчивость древесных пород к загрязнению атмосферы. Газоочищающая способность насаждений. Влияние радиоактивного загрязнения на лес. Пути повышения устойчивости насаждений. Леса зеленых зон, нормативы их выделения вокруг городов и поселков. Лесопарковая и лесохозяйственная части зеленых зон, особенности хозяйства в них.

*Задания:*

**1.** Дайте оценку водорегулирующей роли леса, используя формулу А.И.Миховича:

$$\Delta СГ = \Delta О - \Delta СП - \Delta И,$$

где  $\Delta СГ$  – изменение среднемноголетней величины годового подземного стока под влиянием леса;  $\Delta О$  – изменение среднемноголетней суммы осадков;  $\Delta СП$  – изменение годовой величины поверхностного стока;  $\Delta И$  – изменение годового суммарного испарения влаги лесом по сравнению с полем.

**Задача 1.** В бассейне реки преобладают суглинистые почвы, на которых могут произрастать дубовые древостои, и супесчаные почвы, которые заняты сосняками. Годовая сумма осадков в бассейне реки равна 682 мм, поверхностный сток – 66 мм, подземный сток – 13 мм, суммарное испарение – 603 мм. Под влиянием леса количество осадков увеличилось на 10%, поверхностный сток снизился на 50%. Среднегодовое суммарное испарение дубовыми лесами на свежих почвах – 683 мм, на влажных и сырых – 727 мм (эти почвы занимают соответственно 50 и 10% площади бассейна). На 40% площади на свежих и влажных почвах произрастают сосняки, суммарное испарение этими лесами – 648 мм. Ответьте на следующие вопросы:

- а) увлажняющую или иссушающую роль будет играть лес;
- б) как изменится суммарный годовой речной сток;
- в) как изменится подземная составляющая речного стока (при условии полного облесения водосбора)?

**Задача 2.** В бассейне реки преобладают песчаные и супесчаные почвы. Годовая сумма осадков равна 641 мм, поверхностный сток – 61 мм, подземный сток – 19 мм, суммарное испарение – 566 мм. Под влиянием сосновых лесов сумма осадков увеличилась на 10%, поверхностный сток уменьшился на 50%. На 80% территории сосновых лесов преобладают свежие почвы, на 15% - влажные и на 5% - сырые, суммарное испарение

равно соответственно 532; 646 и 718 мм. Ответьте на следующие вопросы:

- а) как изменится суммарный годовой речной сток;
- б) как изменится подземная составляющая речного стока;
- в) велика ли увлажняющая роль сосняков?

Задача 3. В бассейне реки преобладают суглинистые почвы, на которых возможно создание дубовых насаждений. Годовая сумма осадков равна 592 мм, поверхностный сток – 41 мм, подземный сток – 8 мм, суммарное испарение – 543 мм. Увеличение осадков над лесом составило 3% от их годовой суммы. Поверхностный сток при 100% лесистости уменьшился на 10%. Суммарное испарение дубовых лесов – 603 мм. Ответьте на следующие вопросы:

а) увлажняющую или иссушающую роль играют дубовые насаждения при полном облесении водосбора;

б) как изменится при этом суммарный годовой речной сток и его подземная составляющая;

в) как изменится роль при снижении лесистости до 20% и создании на водосборной площади системы полезачитных и водопоглотительных полос (условия: увеличение осадков над лесными полосами на 11%, годовая норма поверхностного стока уменьшится на 70%, суммарное испарение по сравнению со 100% облесением водосбора уменьшится порционально снижению процента лесистости)?

2. Определите допустимую рекреационную нагрузку на лес, используя формулы:

$$i_r = P_r * T,$$

где  $i_r$  – суммарная годовая рекреационная нагрузка, чел./га;  $P_r$  – среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;  $T$  – продолжительность учетного периода при определении рекреационной нагрузки (8760 ч).

$$P_{сд} = 8760 * P_{гд} / T_c,$$

где  $P_{сд}$  – среднесезонная допустимая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;  $P_{гд}$  – среднегодовая допустимая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;  $T_c$  – продолжительность сезона отдыха, ч.

$$P_{гд} = \sum_1^T P_n * f_n / 365$$

где  $P_{гд}$  – среднегодовая допустимая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;  $P_1...P_n$  – средние за учетный период единовременные нагрузки в разные сезоны года в рабочие и нерабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой в различные сезоны года, чел./га;  $f_1...f_n$  – среднее многолетнее количество нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой в разные сезоны года, дни.

$$i_{гд} = T_m * P_d * 365,$$

где  $i_{гд}$  – суммарная годовая допустимая рекреационная нагрузка, ч/га; в год;  $T_m$  – время, затраченное на моделирование рекреационной нагрузки,

вызвавшей появление пороговых значений коэффициента поверхностного стока, ч/м<sup>2</sup>;  $P_d$  – площадь насаждения, выделяемого для рекреационного пользования, м<sup>2</sup>.

Задача 1. Сосняки брусничный, черничный и лещиновый. Коэффициенты соотношения среднегодовой единовременной рекреационной нагрузки для этих типов леса равны соответственно 1,0; 1,2 и 2,2. Продолжительность учетного периода 1 год. Определите суммарную годовую рекреационную нагрузку.  $P_r$  для сосняка брусничного равна 0,1 чел./га. Объясните различия в суммарной годовой рекреационной нагрузке в разных типах леса.

Задача 2. Среднее многолетнее количество нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой соответственно 52; 53; 129; 131, среднее за учетный период единовременное количество отдыхающих в эти дни соответственно 4,68; 1,17; 1,04 и 0,26 чел./га. Продолжительность сезона отдыха 900 ч. Определите среднесезонную допустимую единовременную рекреационную нагрузку.

Задача 3. Горные леса Кавказа: тип леса – свежая бучина, свежая дубово-грабовая суббучина и влажная буково-пихтовая рамень (суглинистая почва). Время, затраченное на моделирование рекреационной нагрузки, в упомянутых типах леса соответственно 8; 160 и 80 с. Площадь, выделяемая для рекреационного пользования, определяется делением 10000 на продолжительность цикла получения жизнеспособного подроста (соответственно 12; 13 и 8 лет). Определите суммарную годовую допустимую единовременную рекреационную нагрузку при проведении экскурсий и объясните различия по типам леса.

## Лабораторная работа № 5

### Лесная типология

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Истоки лесной типологии. Учение Г.Ф. Морозова о типах насаждений и его значение. Учение В.Н. Сукачева о типах леса. Типы лесорастительных условий. Различия в содержании понятий «тип леса» и «тип лесорастительных условий». Эдафическая сетка П.С. Погребняка – Д.В.Воробьева. Принципы динамической классификации И.С. Мелехова. Типы вырубок. Современные направления в лесной типологии.

Практическое значение лесной типологии. Причины недостаточного или неправильного использования лесной типологии. Основные противоречия в развитии лесной типологии. Методика полевого изучения типов леса. Задачи совершенствования лесной типологии.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Первые классификации лесов. Классификации лесоустроителей для лесов севера. Классификация А.А. Крюденера, ее достоинства и недостатки. Классификация В.В. Алексеева. Генетическая классификация Б.П. Колесникова. Лесная типология в зарубежных странах (Финляндия, Швеция, Канада, США, Германия и др.).

Задания:

1. Начертите по памяти эдафо-фитоценотические схемы В.Н. Сукачева для сосновых и еловых древостоев. Обозначьте на осях положение всех типов леса; очертите группы типов леса и напишите их названия. Надпишите около осей названия эдафо-фитоценотических рядов; укажите, изменения каких экологических факторов отображает каждый из них. Найдите и запишите отличия между типами еловых и сосновых лесов.

2. Используя литературные источники, заполните таблицу 15.

Таблица 15 - Группы типов леса по В.Н. Сукачеву

Группа типов леса	Почвы	Древостои	Класс бонитета	Подлесок	Живой напочвенный покров	Успешность естественного возобновления
1. Лишайниковая						
2. Зеленомошная:						
а) Кисличный тип леса						
б) Черничный тип леса						
в) Брусничный тип леса						
3. Долгомошная						
4. Сфагновая						
5. Травяная и травяноболотная						
6. Сложные типы леса: (лещиновый, липгяковый, дубняковый)						

3. Начертите по памяти эдафическую сетку П.С. Погребняка.

4. Определите тип леса (по В.Н. Сукачеву) и тип лесорастительных условий (по П.С. Погребняку) по следующим описаниям:

а) Вершины дюнных всхолмлений. Состав древостоя 10С, IV класс бонитета, почва сухогругомусная песчаная, бедная. Живой напочвенный покров (ЖНП) – лишайники (сплошь), вереск, толокнянка, бессмертник, рабитник – все редко.

б) Состав древостоя 10С+Е, II класс бонитета, почва модергумусная, супесчаная положение повышенное, на водоразделе, уровень грунтовых вод – 3-4 м. Подлесок – редкий, рябина, жимолость, бересклет. Подрост – ель средней густоты. ЖНП – зеленые мхи, щитовник игольчатый, линнея

северная, плаун булавовидный, орляк, майник двулистный, кислица (преобладает).

в) Еловый древостой, I класс бонитета. Местоположение повышенное. Почва модергумусная, легкосуглинистая. ЖНП – кислица, майник, ритидиладельфус (часто преобладает), мох этажчатый и мох Шребера.

г) Состав древостоя 10Ол<sub>(ч)</sub>, I класс бонитета. Почва торфяно-перегнойная, с проточным увлажнением. ЖНП – белокрыльник, звездчатка лесная, камыш лесной, лабазник вязолистный (преобладает).

5. Начертите по памяти схему зависимости типов вырубок от типов леса. Объясните причины разнообразия типов вырубок при одинаковом исходном типе леса. В какие типы вырубок по И.С. Мелехову трансформируются сосняки брусничные, кисличные и влажные черничные после их рубки на значительной площади:

а) без воздействия огня; б) с воздействием огня?

## Лабораторная работа № 6

### Оценка успешности естественного лесовозобновления

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Сравнительная оценка естественного и искусственного лесовозобновления. Предварительное, последующее, сопутствующее и комбинированное лесовосстановление. Семенное возобновление под пологом древостоев и на вырубках. Показатели семенной продуктивности древостоев. Причины периодичности семенных лет. Способы стимулирования плодоношения. Факторы, влияющие на прорастание семян и рост всходов. Роль подстилки и живого напочвенного покрова в возобновлении леса. Вегетативное возобновление леса. Сравнительная оценка семенного и вегетативного возобновления леса.

Методика изучения процесса естественного лесовозобновления. Основные количественные показатели лесовозобновления. Классификация подроста по высоте и состоянию. Шкалы оценки естественного лесовозобновления под пологом леса и на вырубках (гарях). Статистические методы оценки точности учетов подроста. Успешность естественного лесовозобновления в разных лесорастительных условиях и типах леса. Перспективы естественного и искусственного возобновления леса.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Технология выращивания посадочного материала в лесных питомниках на промышленной основе. Агротехника и технология закладки и выращивания лесных культур. Типы лесных культур, методы и способы их воплощения на лесокультурных площадках. Густота лесных культур как

фактор целевого выращивания искусственных насаждений.

*Задания:*

**I.** По данным учета подроста под пологом древостоев и на вырубках (таблица 16-17) выполните обработку полевого материала. Результаты представьте в таблице 19.

Таблица 16 - Учет естественного возобновления ели под пологом спелого насаждения 6Е<sub>110</sub>2Б<sub>90</sub>2Ос<sub>90</sub>, бонитет III, полнота 0,8, Нижегородская область, Ковернинское лесничество, S = 10 м<sup>2</sup>, тип леса – ельник черничный

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 05-1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 05-1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1	1	1	1		16	0	1	1	
2	2	3	3		17	1	2	1	
3	1	1	0		18	0	0	0	
4	1	2	1		19	2	3	2	
5	2	4	2		20	2	2	1	
6	0	0	0		21	2	3	1	
7	0	2	1		22	1	2	0	
8	3	2	2		23	3	4	2	
9	3	5	2		24	0	1	0	
10	0	0	0		25	2	3	1	
11	1	3	1		26	2	3	2	
12	1	2	1		27	0	0	0	
13	1	1	0		28	1	2	1	
14	2	3	2		29	2	2	2	
15	2	2	1		30	1	2	2	

Таблица 17 - Учет естественного возобновления сосны на сплошной вырубке 6-летней давности в Семеновское лесничество Нижегородской области, S = 10 м<sup>2</sup>, тип леса – сосняк черничный

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 05-1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 05-1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1	1	2	1		20	2	2	1	
2	2	2	1		21	4	3	2	
3	1	0	0		22	1	2	0	
4	0	0	0		23	4	2	1	
5	1	1	0		24	3	3	2	
6	2	2	1		25	4	4	1	
7	5	2	2		26	1	0	0	
8	5	2	3		27	3	4	1	
9	2	2	0		28	2	3	1	
10	4	3	1		29	0	0	0	
11	3	4	1		30	2	3	1	
12	0	0	0		31	2	2	0	
13	4	2	2		32	2	2	0	
14	3	4	2		33	2	2	1	
15	2	2	0		34	6	4	2	

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,5-1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,5-1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
16	1	3	2		35	1	1	0	
17	2	2	1		36	2	3	2	
18	0	1	0		37	3	5	2	
19	3	1	4		38	3	2	0	

2. Полученные при обследовании пробной площади результаты учета подроста хвойных пород подлежат математической (статистической) обработке. В практике лесоводственных исследований математические методы чаще всего применяют для анализа совокупности результатов измерений. Статистическая совокупность характеризуется среднеарифметической величиной ( $M$ ) и ее ошибкой ( $m_M$ ), среднеквадратическим отклонением ( $\sigma$ ), коэффициентом вариации ( $v$ ) и точностью опыта ( $P$ ).

При статистической обработке результатов учета подроста используются данные графы «Итого» таблица 16, 17 и формулы:

1. Средняя численность подроста на учетной площадке в экз.

$$M_{\text{уч.пл.}} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – количество подроста на 1, 2, 3, ...,  $n$  учетных площадках;  $n$  – число учетных площадок.

2. Выборочное среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ , в экз.

Вычисляют этот показатель по таблица 18.

Таблица 18 - Ведомость вычисления среднеквадратического отклонения

Номер учетной площадки	Число подроста на площадке $x_i$ , экз.	Разность между числами подроста ( $x_i - M_{\text{уч.пл.}}$ ), экз.	Квадрат разности ( $x_i - M_{\text{уч.пл.}}$ ) <sup>2</sup>
1			
2			
3			
...			
30			

$$\text{Итого: } \sum_{i=1}^n (x_i - M_{\text{уч.пл.}})^2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_{\text{уч.пл.}})^2}{n-1}}$$



Таблица 18 - Сводные показатели для оценки успешности естественного лесовозобновления (по А.В. Грязькину)

Порода	Жизнеспособный				Нежизнеспособный				Сухой				Всего без сухого			
	мелкий (до 0,5 м)	средний (0,51 – 1,5 м)	крупный (более 1,5 м)	итого	мелкий (до 0,5 м)	средний (0,51 – 1,5 м)	крупный (более 1,5 м)	итого	мелкий (до 0,5 м)	средний (0,51 – 1,5 м)	крупный (более 1,5 м)	итого	мелкий $\sum N_M$	средний $\sum N_{CP}$	крупный $\sum N_K$	итого
1. Общее количество подроста на всех учётных площадках, экз.																
2. Распределение подроста ели по категориям состояния, %																
3. Распределение подроста по группам высот, %																
4. Средние характеристики для подроста по данным учёта (в столбце ИТОГО высчитывается средневзвешенная высота ( $H_{cp}$ , см) и средневзвешенный возраст ( $A_{cp}$ , лет) подроста, а по ним средний прирост за год ( $Z_{cp}$ , см/год) для жизнеспособного, нежизнеспособного, сухого подроста и всего без сухого по нижеприведенным формулам)																
$H_{cp}$ , см																
$A_{cp}$ , лет																
$Z_{cp}$ , см/год,																
<p>Средневзвешенная высота, см: <math>H_{cp} = \frac{\sum N_M * H_M + \sum N_{CP} * H_{CP} + \sum N_{KP} * H_{KP}}{\sum N}</math></p> <p>Средневзвешенный возраст, лет: <math>A_{cp} = \frac{\sum N_M * A_M + \sum N_{CP} * A_{CP} + \sum N_{KP} * A_{KP}}{\sum N}</math></p> <p>Средний прирост в год, см/год: <math>Z_{cp} = H_{cp} / A_{cp}</math></p>																
5. Встречаемость подроста, % (количество учётных площадок с подростом нужно разделить на общее количество)																
6. Численность подроста на гектаре, экз/га: $M_{Ga} = \frac{\sum N * 10000}{n * S}$ , где $\sum N$ - общее количество подроста (мелкого, среднего, крупного) на всех учётных площадках, $n$ – количество учётных площадок (30 шт), $S$ – площадь одной учётной площадки (10 м <sup>2</sup> ). При оценке успешности лесовозобновления (для оценки влияния рубок ухода и комплексного ухода за лесом) применяют коэффициент пересчёта мелкого и среднего подроста в крупный. Для мелкого подроста коэффициент равен 0,5 и для среднего – 0,8.																
Итоговое число подроста с учётом пересчёта мелкого и среднего подроста в крупный, экз: $\sum N = \sum N_M * 0,5 + \sum N_{CP} * 0,8 + \sum N_{KP}$																

3. Фактический коэффициент вариации  $v$ , % - характеризует разброс (рассеивание) измеряемой величины относительно среднего значения. Рассеивание будет малым, если коэффициент вариации не превышает 10%; средним, если находится в пределах 11-30% и большим, если находится за пределами 31%.

$$v = \frac{\sigma}{M_{\text{уч.пл.}}} * 100$$

4. Ошибка репрезентативности средней численности подроста  $m_M$ , экз.

$$m_M = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

5. Показатель точности наблюдений  $P$ , %. Результат исследования оценивается показателем точности наблюдений. Исследования достаточно точны, если он не превышает 5%. Если показатель находится в пределах 6-10%, то точность исследования можно считать удовлетворительной.

$$P = \frac{v}{\sqrt{n}}$$

6. Коэффициент встречаемости  $\tau$ , %

$$\tau = \frac{n_1}{n} * 100$$

где  $n_1$  – число учетных площадок, на которых встретился подрост.

7. Коэффициент гомогенности  $KГ$ . Этот показатель характеризует размещение подроста по площади. Если  $KГ < 1$ , то распределение подроста случайное,  $KГ \approx 1$  – распределение равномерное,  $KГ > 1$  – распределение групповое.

$$KГ = \frac{\sigma}{M_{\text{уч.пл.}}}$$

8. Численность подроста на гектаре, экз./га

$$M_{\text{ГА}} = \frac{\sum N * 10000}{n * S}$$

где  $\sum N$  – общее количество подроста (мелкого, среднего, крупного) на всех учетных площадках,  $n$  – количество учетных площадок (30 шт.),  $S$  – площадь одной учетной площадки (10 м<sup>2</sup>).

При оценке успешности лесовозобновления (для оценки влияния рубок ухода за лесом) применяются коэффициенты пересчета мелкого и среднего подроста в крупный. Для мелкого подроста коэффициент равен 0,5, для среднего – 0,8, крупного – 1,0.

Итоговое число подроста с учетом пересчета мелкого и среднего подроста в крупный, экз.:

$$\sum N = 0,5 \sum N_M + 0,8 \sum N_{CP} + \sum N_{KP}$$

где  $N_M$  – количество мелкого подроста, экз.;  $N_{CP}$  – количество среднего роста, экз.;  $N_{KP}$  – количество крупного подроста, экз.

Результаты статистической обработки данных учета подроста заносятся в таблица 20.

Таблица 20 - Статистические показатели учета естественного лесовозобновления

Статистический показатель	Значение показателя	Рекомендуемые мероприятия
Средняя численность подроста на учетной площадке, экз.		
Ошибка средней численности подроста, экз.		
Коэффициент вариации, %		
Точность исследования, %		
Численность подроста, тыс.экз./га		
Коэффициент гомогенности		
Коэффициент встречаемости, %		
Численность подроста на гектаре, тыс.экз./га		

3. Оцените равномерность размещения подроста по площади (таблица 21).

Таблица 21 - Классификация подроста по густоте и распределению по площади

Категория подроста по густоте	Численность, тыс.экз. га 1 га	Характер распределения подроста на площади	Коэффициент встречаемости, %
Редкий	До 2	Неравномерное	До 40
Средней густоты	2-8	Относительно-равномерное	40-65
Густой	8-13	Равномерное	65-85
Очень густой	Более 13	Равномерное	85-100

4. Оцените успешность естественного лесовозобновления (таблица 22). Установлено, что в южной и средней подзонах тайги древостои с полнотой 0,7 и выше формируются из подроста, имеющего исходную численность более 2-3 тыс.шт. на 1 га и встречаемость более 40-50%. Поэтому при таких показателях численности и встречаемости подроста можно говорить об успешности естественного лесовозобновления.

5. Установите способ лесовосстановления с помощью оценочной шкалы (таблица 22).

Пример выбора способа лесовозобновления. Например, ельник-кисличник (таблица 22) имеет численность подроста  $\frac{5,0}{3,0-5,0}$  тыс.экз. на 1 га (над чертой – минимальное количество жизнеспособного подроста на делянках, где можно обеспечить естественное возобновление вырубок без проведения лесовосстановительных мероприятий, под чертой – количество подроста на делянках, где после лесозаготовки необходимо проводить лесовосстановительные работы).

Если полученное при расчетах среднее количество подроста на 1 га ( $M_{га}$ ) менее 3,0 тыс.экз., то рекомендуется создавать лесные культуры; если численность подроста находится в пределах от 3,0 до 5,0 тыс.экз. – требуется

содействие естественному возобновлению; при количестве подроста более 5 тыс.экз. – успешно идет естественное возобновление леса.

Таблица 22 - Шкала оценки предварительного возобновления (по данным Гослесхоза СССР, 1984 г.)

Порода	Основные группы типов леса	Количество подроста в тыс.экз. на 1 га по категориям крупности			Групповой подрост, гр./га
		мелкий 0,1-0,5 м	средний 0,6-1,5 м	крупный свыше 1,5 м	
Дуб	Во всех типах леса	<u>4,0</u>	<u>2,0</u>	<u>2,0</u>	-
		3,0-4,0	1,5-2,0	1,5-2,0	
Ель	Кисличники, черничники и др.	<u>5,0</u>	<u>3,0</u>	<u>2,0</u>	<u>500</u>
		3,0-5,0	1,5-3,0	1,5-2,0	400
Кедр	Во всех типах леса	<u>1,5</u>	<u>1,0</u>	<u>0,5</u>	-
		1,0-1,5	0,8-1,0	0,3-0,5	
Лиственница	Кисличники, черничники и др.	<u>6,0</u>	<u>4,0</u>	<u>3,0</u>	<u>500</u>
		3,0-6,0	2,0-4,0	1,5-3,0	400
	Долгомошники, сфагновые и др.	<u>4,0</u>	<u>3,0</u>	<u>2,0</u>	<u>400</u>
		2,0-4,0	1,5-3,0	1,5-2,0	300
Пихта	Долгомошники, сфагновые и др.	<u>4,0</u>	<u>3,0</u>	<u>2,0</u>	<u>400</u>
		2,0-4,0	1,5-3,0	1,0-2,0	350
Сосна	Лишайниковые, вересковые и др.	<u>8,0</u>	<u>6,0</u>	<u>4,0</u>	-
		4,0-8,0	3,0-6,0	2,0-4,0	
	Брусничные и др.	<u>5,0</u>	<u>3,0</u>	<u>2,5</u>	<u>600</u>
		2,5-5,0	2,0-3,0	1,5-2,5	500

Примечание. В числителе показано минимальное количество жизнеспособного подроста на делянках, где можно обеспечить естественное возобновление вырубок без проведения лесовосстановительных мероприятий, в знаменателе – количество подроста на делянках, где после лесозаготовки необходимо проводить лесовосстановительные работы. Шкала разработана для южной подзоны тайги. Если учет естественного возобновления проводится в других лесорастительных зонах, то нужно ввести поправочные коэффициенты: средняя тайга – 0,8; северная тайга – 0,7; широколиственные леса – 1,1. При оценке успешности лесовозобновления применяются коэффициенты пересчета мелкого и среднего подроста в крупный. Для мелкого применяется коэффициент 0,5, для среднего – 0,8, для крупного – 1,0.

Полученные результаты запишите в графу «Рекомендуемые мероприятия» таблица 20.

## Лабораторная работа № 7

### Причины и оценка дифференциации и отпада деревьев в процессе роста древостоя

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Динамичность леса. Дифференциация и отпад, их роль в жизни леса. Естественный и искусственный отбор. Виды взаимоотношений между

организмами. Возрастная структура древостоев. Типы возрастной структуры по характеру изменчивости возраста и по пространственному размещению деревьев. Причины формирования одновозрастных и разновозрастных древостоев.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Перегруппировка деревьев в процессе дифференциации. Вероятность повышения ранга дерева с увеличением возраста древостоя. Динамика возрастной структуры древостоев. Причины превращения одновозрастных древостоев в разновозрастные и разновозрастных в одновозрастные. Влияние возрастной структуры на продуктивность древостоев.

*Задания:*

**I.** Рассчитайте процент отпада деревьев каждой ступени толщины за 10, 20 и 30 лет, используя результаты опытов Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства (СПбНИИЛХа). Результаты представьте в виде таблицы 24.

Таблица 23 - Распределение деревьев по ступеням толщины в

Ступень толщины, см	Возраст, лет			
	40	50	60	70
<b>Сосняк брусничник</b>				
4	46	0	0	0
8	161	63	33	26
12	155	146	106	99
16	55	51	42	42
20	13	12	12	10
24	2	2	1	1
Всего	432	274	194	178
<b>Ельник кисличник</b>				
4	827	72	2	0
8	512	313	100	73
12	211	207	189	172
16	92	92	92	90
20	17	17	15	12
24	2	2	2	2
Всего	1661	703	400	349

Таблица 24 - Процент отпада деревьев

Исходная ступень толщины, см	Количество деревьев, экз.				Отпад	
	40 лет	50 лет	60 лет	70 лет	экз.	%
<b>в сосняке брусничном за 10 лет</b>						
4						
8						
12						
16						
20						
24						
Всего						
<b>в сосняке брусничном за 20 лет</b>						
4						
8						
12						

Исходная ступень толщины, см	Количество деревьев, экз.				Отпад	
	40 лет	50 лет	60 лет	70 лет	экз.	%
16						
20						
24						
Всего						
в сосняке брусничном за 30 лет						
4						
8						
12						
16						
20						
24						
Всего						
в ельнике кисличном за 10 лет						
4						
8						
12						
16						
20						
24						
Всего						
в ельнике кисличном за 20 лет						
4						
8						
12						
16						
20						
24						
Всего						
в ельнике кисличном за 30 лет						
4						
8						
12						
16						
20						
24						
Всего						

2. Постройте графики зависимости процента отпада от диаметра древостоя через 10, 20 и 30 лет после начала наблюдения. Установите закономерности и дайте объяснения.

3. Постройте диаграмму зависимости процента отпада от возраста древостоя. Установите закономерность и дайте объяснение.

## Лабораторная работа № 8

### Распределение деревьев по ступеням толщины

*Вопросы для проработки лекционного материала и подготовки к лабораторной работе:*

Виды и причины смены пород. Смены ели мягколиственными породами и меры ее предотвращения. Смены сосны березой. Вероятность смены сосны березой в разных типах леса. Смена сосны елью, ее причины. Обратная смена ели сосной. Смена дуба другими породами. Другие виды смен. Хозяйственная оценка смены пород.

*Рекомендуемый перечень вопросов для самостоятельного изучения:*

Гипотезы о происхождении тайги. Современные миграции границ лесной зоны и их причины. Современные смены. Эндогенные и экзогенные сукцессии. Понятие о климаксе. Восстановительные смены (демутации). Смены с отрицательным результатом (дигрессии). Их причины. Пирогенные смены. Стихийные и антропогенные смены. Смена хвойных пород мягколиственными как важнейшая проблема лесного хозяйства в таежной зоне. Меры предотвращения нежелательной смены пород.

*Задания:*

**1.** По данным таблицы 25 постройте графики, отражающие ряды распределения деревьев разного возраста по ступеням толщины.

Таблица 25 - Распределение деревьев по ступеням толщины

Ступень толщины, см	Возраст, лет	
	35	75
<b>Сосняк брусничник</b>		
4	0	0
8	22	0
12	348	14
16	151	45
20	36	62
24	2	37
28	0	13
32	0	1
36	0	2
40	0	0
<b>Всего</b>	<b>537</b>	<b>174</b>
<b>Ельник кисличник</b>		
4	2	0
8	22	0
12	51	7
16	38	10
20	18	15
24	3	12
28	0	11
32	0	1
36	0	0
40	0	0
<b>Всего</b>	<b>134</b>	<b>56</b>

2. Определите и сравните между собой статистические показатели рядов распределения в начале и в конце периода наблюдений по форме таблицы 26. Объясните изменение этих показателей.

Таблица 26 - Статистические показатели для

Показатели	Возраст, лет	
	на начало опыта	на конец опыта
Среднеарифметическая величина диаметра и ее ошибка, см		
Среднеквадратическое отклонение, см		
Коэффициент вариации, %		
Точность исследования, %		
Коэффициент асимметрии		
Коэффициент эксцесса		

Расчет статистических показателей производится по формулам:

$M$  – среднее значение диаметра, см

$$M = \frac{\sum fw}{n},$$

где  $f$  – количество деревьев в данной ступени толщины, экз.;  $W$  – середина ступени толщины, см (4, 8, 12, 16 и т.д.);  $n$  – общее количество деревьев одного возраста, экз.

Одним средним значением нельзя отобразить все характерные черты статистической совокупности. Необходимо знать разброс (рассеивание) измеряемой величины относительно среднего значения. Основными показателями изменчивости являются выборочная дисперсия, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации.

Среднеквадратическое отклонение выражается в тех же единицах измерения, что и среднеарифметическая величина, а коэффициент вариации не превышает 10%, средней, если находится в пределах 11-30% и большой, если находится за пределами 31%.

Результат исследования оценивается показателем точности наблюдений. Исследования достаточно точны, если он не превышает 5%, если находится в пределах 6-10%, то удовлетворительны. В некоторых случаях можно довольствоваться даже более 10%.

Для больших выборок вычисляют еще два показателя: косость (асимметрия) –  $A$  и крутость (эксцесс) –  $\epsilon$ .

Если распределение скошено влево (в сторону тонких деревьев), то асимметрия отрицательная; если вправо (в сторону толстых деревьев), то асимметрия положительная. Коэффициент асимметрии менее 0,5 признается малым, от 0,5 до 1,0 – средним и выше 1,0 – большим.

Показатель крутости свидетельствует об отклонении распределения от нормального распределения. Эксцесс положителен при островершинной кривой и отрицательный при плосковершинной.

Как правило, «высокая», «островершинная» кривая распределения с «узким» основанием свидетельствует об однородности древостоя. При этом



следует отметить, что чем однороднее древостой, тем сильнее конкуренция.

Усиленная конкуренция в насаждениях ведет к естественному отпаду отставших в росте деревьев, который является результатом дифференциации в древостое. Вследствие этого изменяется его структура, увеличивается число крупных деревьев и соответственно повышается устойчивость лесной экосистемы. В связи с этим изменяется и вид кривой распределения деревьев по ступеням толщины. Она становится более «плоской», а ее основание «расширяется» приблизительно в 1,5 раза, тем самым конкурентная нагрузка более равномерно распределяется по всей структуре древостоя и конкуренция ослабляется.

$$C - \text{центральное отклонение, см: } C = \sum fW^2 - \frac{(\sum fW)^2}{n}.$$

$$\text{Среднеквадратическое отклонение (сигма), см: } \sigma = \sqrt{\frac{C}{n-1}}.$$

$$\text{Ошибка средней, см: } m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

$$CV - \text{коэффициент вариации, \%: } CV = \frac{\sigma}{M} \cdot 100.$$

$$P - \text{точность исследования, \%: } P = \frac{CV}{\sqrt{n}}.$$

$$A - \text{коэффициент эксцесса: } A = \frac{\sum (W-M)^3}{n\sigma^3}.$$

$$\varepsilon - \text{коэффициент эксцесса: } \varepsilon = \frac{\sum (W-M)^4}{n\sigma^4} - 3.$$

При расчетах коэффициентов асимметрии и эксцесса используйте таблицу 27.

Таблица 27 - Ведомость вычисления коэффициентов асимметрии и эксцесса

Границы ступени толщины	W- середина ступени толщины	f – количество деревьев	fW	fW <sup>2</sup>	(W-M) <sup>3</sup>	(W-M) <sup>4</sup>
2,1-6,0	4					
6,1-10,0	8					
10,1-14,0	12					
14,1-18,0	16					
18,1-22,0	20					
22,1-26,0	24					
	Итого (Σ)					

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества / Пер. с англ. М.: Мир, 1989. В 2-х томах.
2. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. С.14-23.
3. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С.1-104.
4. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967, 95 с.
5. Уткин А.И. Изучение лесных биогеоценозов // Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. С. 281-317.
6. Степановских А.С. Общая экология: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ, 2001. 510 с.
7. Крылов А.Г. Жизненные формы лесных фитоценозов. Л.: Наука, 1984. 184 с.
8. Радкевич В.А. Экология. Минск: Высшая школа, 1998. 159 с.
9. Культиасов И.М. Экология растений. М.: Изд-во МГУ, 1982. 384 с.
10. Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа, 2003. 512 с.
11. Одум Ю. Основы экологии / Пер. с англ. М.: Мир, 1975. 740 с.

Лапшин Денис Анатольевич  
Мариничев Евгений Александрович  
Татаринов Казимир Павлович

## Экология

Учебно-методическое пособие  
по подготовке к лабораторным занятиям  
для студентов направления 350301 - Лесное дело

Авторская редакция

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60x84 1/16  
Печать офсетная. Печ. л. 2,0 Тираж 250 экз. Заказ \_\_\_\_\_

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия  
603107, г. Н.Новгород, проспект Гагарина, 97

---

Типография НГСХА