

УДК 630*5:630*385

А.М. Тараканов

Тараканов Анатолий Михайлович родился в 1943 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лесоведения и гидрлесомелиорации Северного НИИ лесного хозяйства. Имеет около 150 печатных работ в области изучения природы заболоченных лесов, эффективности гидрлесомелиорации, моделирования роста и формирования осушаемых лесов и организации хозяйства в них.



ХОД РОСТА МОДАЛЬНЫХ СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Исследованы рост и продуктивность модальных сосняков и ельников после гидрлесомелиоративного воздействия.

Ключевые слова: гидромелиорация, модальные древостои, ход роста, моделирование, класс бонитета, прирост, видовая высота, видовое число.

Таблицы хода роста, разработанные для суходольных и заболоченных лесов, отражают естественный ход развития древостоев в практически неизменных условиях местопроизрастания. Для таксации осушаемых лесов, производства лесоучетных работ, расчетов и контроля за использованием

мелиорируемых земель нужны специальные таблицы или модели хода роста, которые учитывали бы особенности роста древостоев при гидромелиоративном воздействии. Принципы составления их существенно отличаются от общепринятых методов. Таблицы хода роста, протекающего в естественных условиях местопроизрастания, без хозяйственного воздействия, строятся на основе типов леса и классов бонитета. На мелиорируемых землях тип леса и класс бонитета древостоев изменяются во времени в большом диапазоне в зависимости от ряда факторов. Один и тот же исходный тип леса трансформируется в зависимости от интенсивности и давности осушения в различной степени и может иметь несколько производных типов. В то же время при определенном соотношении почвенного плодородия и интенсивности осушения древостои различных исходных типов леса могут иметь сходные линии роста. При построении таблиц на типологической основе необходимо учитывать тип леса как до осушения, так и производный, постоянно изменяющийся с увеличением давности осушения. Поэтому потребуются дополнительные входы в таблицы, что вызовет их большую дифференциацию и громоздкость.

Еще более динамичен текущий бонитет древостоев на осушаемых землях. В зависимости от потенциального плодородия почв, возраста древостоев, степени и давности осушения он может изменяться на 1-5 классов. С ростом потенциального плодородия почв и степени осушения он повыша-

ется, а с увеличением возраста древостоев перед осушением понижается. С давностью мелиорации вначале класс бонитета повышается, затем наступает период стабилизации, после чего происходит снижение. Учет всех этих факторов при построении таблиц хода роста на основе классов текущего бонитета древостоев также вызывает необходимость дополнительных входов и значительные сложности.

Наиболее приемлемой основой для разработки моделей хода роста осушаемых лесов является класс бонитета лесорастительных условий, изменяющихся под воздействием мелиорации. Он позволяет учесть одновременно тип лесорастительных условий, давность и интенсивность осушения.

В наших исследованиях исходным материалом для изучения закономерностей и моделирования роста осушаемых лесов послужили данные об изменении производительности лесорастительных условий и таксационных показателей древостоев, полученные при повторных учетах на стационарах и однократных обследованиях гидролесомелиоративных систем с давностью осушения до 100 лет, а также массовые материалы лесоустройства о характеристике лесов на переувлажненных, в том числе осушаемых, землях по типам леса и классам возраста.

Чтобы проследить динамику возрастного строения и породного состава, каждый элемент леса таксировали отдельно, используя точные методы измерительно-перечислительной таксации. Для установления динамики линейного и объемного прироста срубали модельные деревья. Их число определялось представленностью пород и поколений в насаждении: для древостоев, составляющих три единицы и более, 5 ... 10 моделей в крайних и средних ступенях толщины; менее трех единиц – 2-3 средние модели. Для определения прироста по диаметру в наиболее представленных элементах леса возрастным буровом отбирали по 30 кернов пропорционально числу стволов в ступенях толщины, во второстепенных – 10 ... 15 шт.

Камеральную обработку полевых материалов проводили общепринятыми в лесной таксации методами. Для определения запасов строили графики и уравнения зависимости объема стволов от площади их поперечного сечения, видовой высоты от высоты стволов, видового диаметра от диаметра. Линейный прирост определяли прямым измерением на модельных и учетных деревьях и дальнейшим графическим и аналитическим выравниванием. Прирост запаса древостоев вычисляли по методу М.Л. Дворецкого [1] и приведенному ниже алгоритму. Результаты вычислений этими методами сравнивали между собой. Цель данной операции заключалась в проверке пригодности разработанного алгоритма для обработки материалов на персональном компьютере и снижения трудоемкости камеральных работ.

При повторных учетах особое внимание уделяли динамике отпада. По каждому элементу леса определяли запас, средний диаметр и объем среднего дерева отпада, а также их процент к аналогичным показателям растущих деревьев. Зависимости текущего прироста от различных факторов устанавливали методами регрессионного и дисперсионного анализа.

Дополнительный среднепериодический прирост запаса древостоя, один из основных показателей эффективности лесоосушения, определяли по специальному алгоритму [3].

Естественные ряды развития древостоев подбирали на основе сходства таксационной характеристики и условий местопроизрастания до осушения, общности закономерностей роста и класса производительности лесорастительных условий после мелиорации. Для группировки насаждений по этим признакам рост их подвергали ретроспективному анализу, в результате которого устанавливали таксационные показатели каждого древостоя через определенные периоды (5 или 10 лет) до и после мелиоративного воздействия. Алгоритм ретроспективного анализа заключается в следующем.

1. На основе определения среднепериодического радиального прироста (i) по периодам и среднего диаметра древостоев (D_a) на момент учета устанавливают динамику среднего диаметра и среднепериодического процента прироста по сумме площадей сечений \bar{P}_g :

$$D_{a-n} = D_a - 2in; \quad \bar{P}_g = 400i(D_a - in) / D_a^2.$$

2. По измеренным среднепериодическому приросту в высоту (\bar{z}_h) и высоте древостоя (H_a) определяют динамику средней высоты по периодам:

$$H_{a-n} = H_a - \bar{Z}_h n.$$

3. По массовым материалам находят зависимость видовой высоты от средней высоты древостоя:

$$HF = a + bH.$$

4. Выявляют динамику среднепериодического прироста по видовой высоте:

$$\bar{Z}_{hf} = [(HF)_a - (HF)_{a-n}] / n; \quad \bar{P}_{hf} = 100\bar{Z}_{hf} / (HF).$$

5. Определяют среднепериодический прирост запаса древостоя по периодам:

$$\bar{P}_m = \bar{P}_g + \bar{P}_{hf} - \bar{P}_g \bar{P}_{hf} n / 100; \quad \bar{Z}_m = 0,01M\bar{P}_m.$$

6. Выражают динамику запаса наращивания:

$$m_{A-n} = M_a - \bar{Z}_m n.$$

7. На основе повторных учетов устанавливают эмпирически среднепериодический процент отпада по запасу ($\bar{P}_{отп}$) и запас отпада по периодам ($M_{отп}$):

$$M_{отп} = M_a n \bar{P}_{отп} / 100.$$

8. Находят запас древостоя через каждые n лет:

$$M_{a-n} = m_{A-n} + M_{отп}.$$

9. Устанавливают динамику абсолютной полноты и числа стволов:

$$G_{a-n} = M_{a-n} / (HF)_{a-n}; \quad N_{a-n} = 4 \cdot 10^4 G_{a-n} / (\pi D_{a-n}^2).$$

Значения таксационных показателей осушаемых и контрольных насаждений, полученные путем ретроспективного анализа на момент начала осушения, сравнивают между собой и с показателями заболоченных насаждений в том же возрасте. Сходство данных свидетельствует о правильности подбора контролей и проведения ретроспективного анализа. Далее определяют класс бонитета древостоев до осушения и класс производительности условий местопроизрастания после мелиоративного воздействия. На основе этих показателей насаждения группируют по однородности лесорастительных условий. Класс производительности или класс бонитета лесорастительных условий соответствует классу бонитета насаждений, осушенных в молодом возрасте или возникших на мелиорируемых землях, т. е. наивысшему классу бонитета насаждений, которые могут здесь произрастать. Определяют его по специально разработанным нами шкалам [2], входами в которые являются периодический или среднепериодический прирост древостоев в высоту, их возраст и продолжительность периода осушения. Преимущество этого показателя при группировке насаждений в однородные ряды по сравнению с типом леса, постоянно трансформирующимся в зависимости от интенсивности и давности осушения, или классом текущего бонитета древостоев, также изменяющимся и характеризующим продуктивность древостоев в определенном возрасте, заключается в том, что он не зависит от возраста насаждений и позволяет учесть одновременно почвенное плодородие, интенсивность и давность мелиоративного воздействия. На данном уровне научных познаний пока детально не разработана динамическая типология мелиорируемых лесов, он является наиболее приемлемой основой построения различных моделей, которые позволяют, в свою очередь, установить количественные признаки и классифицировать коренные и производные леса по типам в зависимости от степени антропогенного воздействия.

3*

Полученные путем ретроспективы средние высоты, диаметры, запасы и абсолютные полноты древостоев на конец каждого периода в пределах одного естественного ряда и среднепериодические приросты этих показателей для каждого периода в процентах или натуральных единицах измерения подвергаются графическому и аналитическому выравниванию. Данная процедура позволяет дифференцировать таксационные показатели по давности осушения и возрасту древостоев, а также уточнить и объяснить некоторые закономерности и особенности роста.

Используя выравненные значения среднепериодического прироста и таксационных показателей на конец каждого периода, уточняют их динамику с возрастом. Для этого из показателя на конец всего срока осушения последовательно вычитают прирост за каждый пяти- или десятилетний период или к показателю на начало осушения последовательно прибавляют прирост по периодам.

Таким методом бывает достаточно установить ход роста древостоев по высоте, диаметру и запасу. Видовое число, сумму площадей сечений и число стволов определяют посредством функциональных связей.

Графическое или табличное изображение данных динамики таксационных показателей представляет собой, соответственно, графическую или табличную модель хода роста древостоев.

На основе изложенных методических положений, большого количества материала и длительных наблюдений за ростом осушаемых лесов разработаны таблицы хода роста модальных сосновых и еловых древостоев под влиянием гидромелиоративного воздействия. Фрагменты их приведены в табл. 1 и 2. Ход роста древостоев в таблицах дифференцирован по классам бонитета лесорастительных условий и возрасту к началу осушения. Эти показатели позволяют учесть различия в отзывчивости древостоев на мелиоративное воздействие в зависимости от их возраста, почвенного плодородия и интенсивности осушения. Таксационные показатели роста заболоченных сосняков и ельников перед мелиоративным воздействием соответствуют Va классу бонитета. Такие насаждения максимально представлены в гидролесомелиоративном фонде Европейского Севера. Линии роста древостоев в высоту, по диаметру и запасу имеют сложный характер (см. рисунок). Рост древостоев без осушения характеризуется одной линией роста. После мелиоративного воздействия характер кривых резко изменяется и рост древостоев может идти по нескольким кривым, расходящимся веером из одной точки, в зависимости от интенсивности осушения, возраста древостоев и потенциального плодородия почв. Сочетание этих факторов весьма разнообразно, поэтому и кривых роста может быть несколько. Однако все они с той или иной степенью приближения укладываются в диапазон бонитетной шкалы. В условиях Европейского Севера РФ большинство осушаемых пло-

Таблица 1

Ход роста модальных сосновых древостоев при гидромелиоративном воздействии в зависимости от лесорастительных условий и возраста на начало осушения (фрагмент)

Возраст, лет	Период осушения, лет	Средние		Число деревьев на 1 га, шт.	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Среднее видовое число	Запас на 1 га, м ³	Изменение запаса на 1 га, м ³		Дополнительный прирост на 1 га, м ³	
		высота, м	диаметр, см					среднее	текущее	средний	текущий
II класс бонитета лесорастительных условий											
Возраст к началу осушения – 20 лет											
20	0	1,7	1,9	10235	2,90	1,0140	5	0,25	0,25	0	0,25
30	10	3,7	4,9	2802	5,28	0,6654	13	0,43	0,8	0,40	0,4
40	20	6,8	9,2	1297	8,62	0,5630	33	0,83	2,0	0,95	1,5
50	30	11,3	13,5	880	12,59	0,5271	75	1,50	4,2	1,83	3,6
60	40	14,7	16,6	792	17,13	0,5123	129	2,15	5,3	2,53	4,6
70	50	16,9	18,9	728	20,40	0,5047	174	2,49	4,5	2,80	3,9
80	60	18,7	20,8	659	22,37	0,4996	209	2,61	3,5	2,82	2,9

90	70	20,0	22,2	609	23,57	0,4964	234	2,60	2,5	2,69	1,9
100	80	21,0	23,2	577	24,37	0,4943	253	2,53	1,9	2,51	1,3
110	90	21,7	24,0	554	25,06	0,4928	268	2,44	1,5	2,34	1,0
120	100	22,3	24,7	531	25,45	0,4916	279	2,33	1,2	2,18	0,7

Возраст к началу осушения – 40 лет

40	0	3,5	4,2	4130	5,72	0,6994	14	0,35	0,4	0	0
50	10	5,7	7,5	1618	7,14	0,5895	24	0,48	1,0	0,40	0,4
60	20	8,8	11,8	928	10,14	0,5379	48	0,80	2,3	1,00	1,6
70	30	12,5	15,8	705	13,81	0,5155	89	1,27	4,1	1,83	3,5
80	40	15,3	18,7	646	17,73	0,5051	137	1,71	4,8	2,43	4,2
90	50	17,3	20,9	601	20,61	0,4993	178	1,98	4,1	2,64	3,5
100	60	18,8	22,6	560	22,44	0,4955	209	2,09	3,1	2,62	2,5
110	70	19,9	23,8	529	23,54	0,4932	231	2,10	2,2	2,49	1,7
120	80	20,7	24,7	509	24,38	0,4915	248	2,07	1,7	2,33	1,2
130	90	21,3	25,4	493	24,99	0,4904	261	2,01	1,3	2,17	0,9
140	100	21,8	26,0	480	25,49	0,4895	272	1,94	1,0	2,01	0,6

Возраст к началу осушения – 60 лет

60	0	5,7	7,2	1956	7,96	0,5951	27	0,45	0,7	0	0
70	10	7,9	10,2	1068	8,72	0,5516	38	0,54	1,1	0,50	0,5
80	20	10,6	14,2	718	11,37	0,5229	63	0,79	2,5	1,20	1,9
90	30	13,5	17,9	586	14,73	0,5078	101	1,12	3,8	1,87	3,2
100	40	15,9	20,5	549	18,11	0,5002	144	1,44	4,3	2,33	3,7
110	50	17,7	22,6	515	20,63	0,4956	181	1,65	3,7	2,50	3,2
120	60	18,9	24,1	492	22,45	0,4926	209	1,74	2,8	2,47	2,3
130	70	19,8	25,2	473	23,56	0,4908	229	1,76	2,0	2,34	1,6

Таблица 2

**Ход роста модальных еловых древостоев при гидромелиоративном
воздействии в зависимости от лесорастительных условий
и возраста на начало осушения (фрагмент)**

Возраст, лет	Период осушения, лет	Средние		Число деревьев на 1 га, шт.	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Среднее видовое число	Запас на 1 га, м ³	Изменение запаса на 1 га, м ³		Дополнительный прирост на 1 га, м ³	
		высота, м	диаметр, см					среднее	текущее	средний	текущий

II класс бонитета лесорастительных условий

Возраст к началу осушения – 20 лет

20	0	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	10	2,7	1,7	17984	4,08	0,9078	10	0,33	0,7	0,45	0,5
40	20	4,8	4,6	4159	6,91	0,6936	23	0,58	1,3	0,72	1,0
50	30	7,9	8,5	1791	10,16	0,5856	47	0,94	2,4	1,15	2,0
60	40	11,5	12,5	1170	14,35	0,5332	88	1,47	4,1	1,78	3,7
70	50	14,3	16,0	893	17,94	0,5107	131	1,87	4,3	2,19	3,8
80	60	16,5	18,1	813	20,92	0,4984	172	2,15	4,1	2,42	3,6

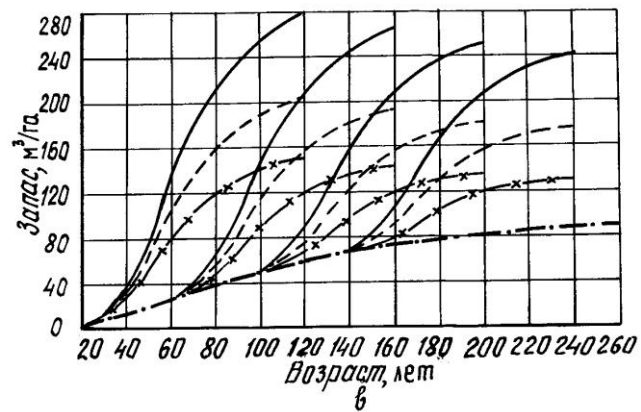
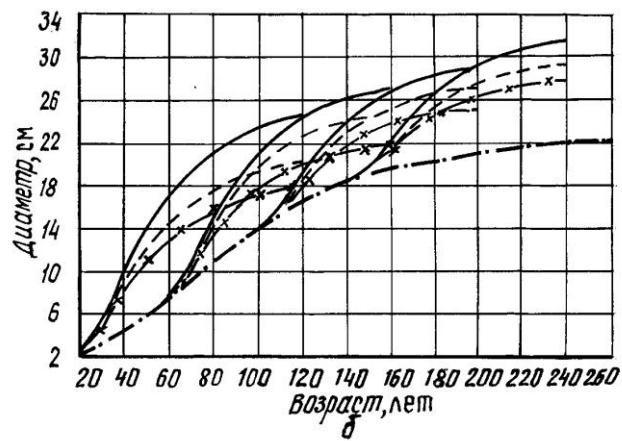
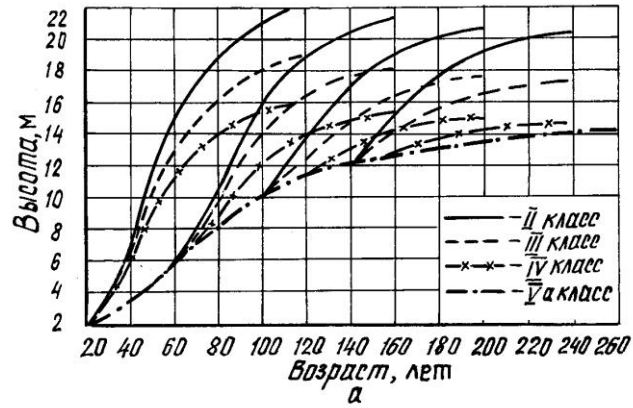
90	70	18,1	19,4	765	22,60	0,4913	201	2,23	2,9	2,41	2,4
100	80	19,2	20,7	709	23,84	0,4871	223	2,23	2,2	2,31	1,6
110	90	20,1	21,6	673	24,66	0,4841	240	2,18	1,7	2,18	1,1
120	100	20,8	22,3	649	25,35	0,4818	254	2,12	1,4	2,04	0,8

Возраст к началу осушения – 40 лет

40	0	2,5	2,4	8408	3,80	0,9469	9	0,23	0,23	0	0
50	10	4,0	4,1	4555	6,01	0,7487	18	0,36	0,9	0,50	0,5
60	20	6,1	6,9	2280	8,52	0,6350	33	0,55	1,5	0,80	1,1
70	30	9,1	10,5	1329	11,51	0,5635	59	0,84	2,6	1,23	2,1
80	40	12,5	14,0	992	15,27	0,5240	100	1,25	4,1	1,83	3,6
90	50	15,1	17,1	810	18,59	0,5058	142	1,58	4,2	2,20	3,7
100	60	17,1	19,0	758	21,48	0,4956	182	1,82	4,0	2,40	3,4
110	70	18,5	20,4	710	23,18	0,4897	210	1,91	2,8	2,37	2,2
120	80	19,6	21,4	675	24,27	0,4857	231	1,93	2,1	2,26	1,5
130	90	20,4	22,2	648	25,07	0,4829	247	1,90	1,6	2,12	1,0
140	100	21,1	22,8	628	25,62	0,4809	260	1,86	1,3	1,98	0,7

Возраст к началу осушения – 60 лет

60	0	4,1	4,8	3278	5,93	0,7406	18	0,30	0,3	0	0
70	10	5,6	6,3	2453	7,64	0,6543	28	0,40	1,0	0,50	0,5
80	20	7,7	9,0	1523	9,69	0,5899	44	0,55	1,6	0,80	1,1
90	30	10,4	12,3	1099	13,05	0,5454	74	0,82	3,0	1,35	2,5
100	40	13,5	15,3	890	16,36	0,5162	114	1,14	4,0	1,87	3,4
110	50	15,8	18,0	768	19,55	0,5019	155	1,41	4,1	2,20	3,5
120	60	17,6	19,8	718	22,11	0,4934	192	1,60	3,7	2,35	3,1
130	70	18,9	21,1	673	23,52	0,4882	217	1,67	2,5	2,28	1,9



Динамика средних высот (а), диаметров (б) и запасов сосновых древостоев (в) в зависимости от возраста их перед осушением по классам бонитета лесорастительных условий (II, III, IV); Va — класс бонитета лесорастительных условий заболоченных сосняков

щадей характеризуется II-IV классами бонитета лесорастительных условий. Диапазон возраста древостоев перед мелиорацией в пределах от 20 до 160 лет также в основном охватывает все возрастные классы осушаемых лесов. Общая закономерность всех линий роста заключается в том, что с момента начала мелиоративного воздействия постепенно увеличивается прирост, далее наступает кульминация его и затем снижение. В связи с этим кривые роста во всех случаях имеют два изгиба и могут аппроксимироваться уравнениями параболы третьего порядка, что важно при разработке прогнозных моделей изменения продуктивности древостоев в зависимости от их исходного состояния, продолжительности и интенсивности мелиоративного воздействия.

Различия в росте древостоев обусловлены разной отзывчивостью их на изменение лесорастительных условий. Среднепериодический линейный и объемный прирост существенно зависит от пород, лесорастительных условий, возрастных категорий и давности осушения. В ельниках при всех прочих равных условиях он почти всегда ниже, чем в сосняках, а кульминация его наступает позднее. Наибольший линейный прирост наблюдается в сосняках и ельниках, осушенных в молодом возрасте (до 60 лет). Максимальный прирост в высоту у них наступает в третьем и четвертом, по диаметру – во втором и третьем десятилетиях с момента начала осушения. Падение прироста после кульминации происходит примерно такими же темпами, как и повышение до нее. С увеличением возраста древостоев перед мелиорацией максимальный прирост в высоту наступает на десятилетие раньше, а по диаметру на десятилетие позднее, чем у молодых древостоев. При этом снижение его после кульминации происходит значительно медленнее, чем повышение до нее. Дифференциация прироста в высоту у ельников в зависимости от возраста выражена намного меньше, чем у сосняков. Этим и объясняется более позднее выравнивание средних высот ельников различных возрастных поколений. Дифференциация прироста по диаметру у сосняков выражена слабее, чем у ельников. Относительное различие в изменении среднепериодического общего и дополнительного прироста запаса в зависимости от возраста древостоев в сосняках примерно такое же, как в приросте по диаметру, а в ельниках, как в приросте по высоте. Максимальные значения их приходятся на четвертое десятилетие в сосняках и четвертое-пятое в ельниках.

Для определения среднего видового числа древостоев были установлены зависимости видовой высоты от средней высоты древостоев и произведения среднего диаметра на видовое число от среднего диаметра. Обе зависимости носят прямолинейный характер и аппроксимируются уравнениями линейной парной регрессии:

в сосняках

$$\begin{array}{lll} HF = 0,8768 + 0,441H; & \eta = 0,988; & m = \pm 0,0817; \\ DF = 1,05167 + 0,4487D; & \eta = 0,999; & m = \pm 0,1009; \end{array}$$

в ельниках

$$\begin{array}{lll} HF = 1,3216 + 0,4183H; & \eta = 0,956; & m = \pm 0,4547; \\ DF = 1,2055 + 0,4387D; & \eta = 0,973; & m = \pm 0,5481. \end{array}$$

Особенностью осушаемых лесов является то, что теснота связи DF с D выше, чем HF с H . Сопоставление видовых высот осушаемых и естественно произрастающих ельников показало, что до высоты 9 м HF осушаемых ельников больше соответствуют значениям HF одновозрастных естественно произрастающих ельников в северо- и среднетаежном подрайонах, при $H = 9 \dots 16$ м – условно разновозрастных, а свыше 16 м – условно разновозрастных и разновозрастных.

Полученная связь между видовой высотой и средней высотой в сосняках Европейского Севера близка к аналогичной зависимости, установленной для осушаемых сосняков Северо-Запада европейской части РФ [4]:

$$HF = 0,962 + 0,422H.$$

Разница в видовых числах, полученных по уравнениям, составляет 1-2 %.

Для использования таблиц в практике таксации (оценки эффективности лесоосушения и уровня ведения хозяйства, контроля за ростом насаждений, выбора хозяйственных решений) необходимо знать возраст древостоев, давность осушения и среднюю высоту. По этим показателям устанавливают класс бонитета лесорастительных условий и соответствующие ему значения таксационных показателей. Если лесорастительные условия у каналов при хорошем их состоянии (зона наилучшего роста) и в центре межканального пространства различаются более чем на один класс бонитета, то можно говорить о слабой интенсивности осушения. Ухудшение лесорастительных условий и роста насаждений на всем межканальном пространстве более чем на один класс бонитета свидетельствует об ухудшении состояния осушительной сети. Когда древостой на всем межканальном пространстве сравнительно однороден и может быть отнесен к одному выделу, место средних условий роста и, соответственно, пункта таксации выбирается примерно на 1/3 расстояния между осушителями в сторону уклона местности от верхового канала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий М.Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя / М.Л. Дворецкий. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 123 с.
2. Имитационная модель для прогнозирования технического состояния гидролесомелиоративной сети, роста и продуктивности осушаемых сосняков и ельников / А.М. Тараканов. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2000. – 63 с.
3. Методические указания по контролю качества и эффективности лесоосушения при лесоустройстве / А.М. Тараканов, Н.А. Шлендева. – Архангельск: СевНИИЛХ, 1991. – 28 с.
4. Моделирование хода роста осушенных сосняков: метод. рекомендации / А.А. Книзе, Н.А. Пирогов, Н.И. Белоброва, В.В. Морозов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – 44 с.

Северный НИИ лесного хозяйства
Поступила 04.10.04

A.M. Tarakanov

Growth Progress of Modal Pine and Spruce Stands on Drainage Areas of the European North

Growth and productivity of modal pine and spruce forests after hydro-forest-reclamation influence are investigated.
