

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ СОСНЯКА КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО НА БЕДНОЙ ВЕРХОВОЙ ОСУШЕННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ

В.А. Матюшкин

В Карельской АССР лесосушительная мелиорация была проведена довольно в больших масштабах на заболоченных землях с торфяно-болотными почвами верхового и верхово-переходного типов, для которых характерна бедность элементами минерального питания. Согласно «Техническим указаниям по осушению лесных площадей» (1) не рекомендуется осушать болота с бедными торфами, как объекты, отличающиеся слабым лесорастительным эффектом. Однако, при составлении проектов осушения, верховые болота практически невозможно полностью исключить из состава осушаемых объектов, поэтому при осушении низинных и переходных торфяных почв, которые обладают достаточным потенциальным плодородием, неизбежно происходит накопление осушенных площадей с бедными верховыми почвами, отличающимися крайней олиготрофностью. Кроме того, экономическая эффективность не является единственным критерием при назначении болот к осушению. В ряде случаев решающим является эстетическое, санитарно-гигиеническое или иное значение гидролесомелиоративных мероприятий, и тогда верховые болота становятся непосредственно объектами осушения (в зеленых зонах, лесопарках, при строительстве дорог и т.п.), согласно «Основным положениям по гидролесомелиорации» (2).

Лесоводственная эффективность осушения верховых торфяных почв Карелии без искусственного повышения их плодородия очень низкая, на таких почвах в зависимости от климатических зон (южная, средняя, северная) формируются древостои IV – V^a классов бонитета. Ранее проведенными исследованиями (3) было установлено, что лесоводственная эффективность осушения верховых торфяных почв без применения удобрений при зольности торфа менее 2,5–3,0% в условиях северо-западных областей РСФСР очень низкая, в более суровых климатических условиях (северная и частично средняя подзона тайги) для формирования высокопродуктивных насаждений зольность торфа должна быть не ниже 4% (4). Накопление в республике значительных площадей осушенных верховых торфяных почв с низкобонитетными насаждениями вызвало необходимость разработки системы методов выращивания на таких болотах высокопродуктивных насаждений. Важное место в этой системе должны занимать мероприятия по искусственному повышению плодородия бедных торфяных почв. Вот почему насаждения на бедных верховых почвах являются основным объектом для изучения эффективности применения удобрений.

В Карелии на момент начала исследований имелся лишь небольшой опыт по удобрению лесных культур сосны на осушенных торфяно-болотных почвах (5,6). В качестве объекта исследований, с целью выявления влияния внесения минеральных удобрений на рост и производительность сосновых насаждений на малопродуктивных торфяно-болотных почвах, был выбран сосняк кустарничково-сфагновый на бедной торфяной почве верхово-переходного типа расположенный на территории Киндасовского лесничества Пряжинского лесхоза. Осушение выполнено в 1969 году, расстояние между осушителями 115 метров, глубина каналов в период закладки опытного участка составляла 0,7–0,9 метра. Мощность торфяного слоя на момент заложения опыта составляла 0,6–0,9 метра. Торф подстилают песчаные отложения, местами встречаются уплотненные бурые суглинки. Торфяная залежь неоднородная по составу. Верхний слой до глубины 20 см верховой сфагново-мочажинный со степенью разложения 5%, от 20 до 40 см – сфагново-пушицевый верховой со степенью разложения 35%, а ниже переходный со степенью разложения более 50%. Зольность торфа в корнеобитаемом слое (0–30 см) 2,9–3,3%.

Первичная подкормка минеральными удобрениями была проведена через 10 лет после осушения в июле месяце, когда уровень почвенно-грунтовых вод находился на довольно большом расстоянии от поверхности (30–35 см), что значительно уменьшило вынос питательных веществ с водой в канавы и способствовало закреплению их в корнеобитаемом слое. Удобрения внесены путем равномерного разбрасывания по поверхности, в дозе $N_{75}P_{100}K_{75}$ по действующему веществу. В качестве азотного удобрения использовалась аммиачная селитра, фосфорного - суперфосфат, калийного – хлористый калий.

Состав древостоя на момент первичной подкормки на опытном участке был 10С ед. Б, береза появилась на кавальерах каналов после осушения. Древостой редкостойный, абсолютно разновозрастный, возраст колебался от 15 до 120 лет, имелись единичные деревья более старшего возраста – 160–200 лет, запас был около 8 м³/га. Густота сосны и распределение её по категориям высот на начало опыта приведены в таблице 1. Как видно из таблицы, общая густота древесной растительности по вариантам колебалась от 7,5 до 8,5 тыс. шт. на 1 га, причем около половины древесных растений составлял подрост, появившийся после осушения, высотой около 1 метра. По существу формирование древостоя началось после осушения, т. к. до этого здесь был облесённый окраек болота с низкорослой сосной. Преобладающее количество деревьев имело возраст не более 40 лет.

Травяно-кустарничковый покров на момент внесения удобрений был хорошо развит. После осушения обильно разрослась карликовая береза (Сор2), особенно вблизи каналов, много голубики (Сор1), подбела (Сор1), встречалась кассандра (Sp), багульник (Sp), пушица влагалищная (Sp), клюква (Sp), осока (*Carex globularis*) (Sp), степень проективно-

го покрытия – 70%. Сфагновые мхи занимали почти сплошь всю поверхность почвы (90%), лишь на кочках росли мох Шребери и политрихум стриктум (5%), изредка встречались лишайники.

Т а б л и ц а 1
Густота древостоя и распределение древесной растительности по категориям высот в сосняке кустарничково-сфагновом

| Категории высот, м | Средний возраст, лет | Контроль | | N ₇₅ P ₁₀₀ R ₇₅ | |
|----------------------------|----------------------|----------------|-------|--|-------|
| | | густота, шт/га | % | густота, шт/га | % |
| 0,1–0,5 | 8 | 3836 | 50,6 | 3753 | 44,0 |
| 0,51–1,0 | 15 | 1244 | 16,5 | 1974 | 23,1 |
| 1,01–1,5 | 23 | 1019 | 13,5 | 1307 | 15,3 |
| 1,51–2,0 | 29 | 347 | 4,6 | 436 | 5,1 |
| 2,01–3,0 | 42 | 677 | 9,0 | 735 | 8,6 |
| 3,01–5,0 | 51 | 297 | 3,9 | 100 | 1,2 |
| 5,01–7,0 | 73 | 122 | 1,6 | 195 | 2,3 |
| 7,01–9,0 | 112 | 26 | 0,3 | 38 | 0,4 |
| Всего | | 7548 | 100,0 | 8537 | 100,0 |
| в т.ч. высотой более 1,5 м | | 1469 | | 1504 | |

На данном объекте был организован постоянный мониторинг с целью изучения влияния осушения и внесения минеральных удобрений на ход роста сосны и процесс формирования насаждения.

В течение первых 4 лет после первой подкормки проводились исследования за изменениями происходящими в почве и почвенной микрофлоре. Было установлено, что внесение удобрений оказало положительное влияние на все компоненты болотных экосистем: увеличилась концентрация элементов питания в почвенном растворе в доступных для растений формах, содержание их в хвое сосны и растениях напочвенного покрова. Внесение минеральных удобрений оказывает большое влияние на агрохимические показатели корнеобитаемого слоя верховой почвы (табл. 2). Исследованиями было установлено, что внесение удобрений почти не сказалось на изменении актуальной и обменной кислотности почвы. Наиболее существенное воздействие подкормка оказала на фосфатный фонд почвы, заметно повышая количество доступных фосфатов. На следующий год после внесения удобрений в верхнем 10-сантиметровом слое количество подвижных фосфатов значительно увеличилось – в 5–7 раз. Содержание калия в почве увеличилось незначительно, что объясняется более интенсивным потреблением его растениями при лучшем обеспечении почвы фосфатным питанием. При внесении комплексных минеральных удобрений создается благоприятный пищевой режим для роста растений.

Т а б л и ц а 2
Влияние удобрений на свойства верховой торфяной почвы

| Глубина, см | рН водный | | | | | | | | | | P ₂ O ₅ | | | | | | | | | K ₂ O, мг/100 г почвы | | | | | |
|----------------|-----------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|------|------|-------------------------------|------|-------|------|------|-------|-----|-----|-------|----------------------------------|-----|----|-------|-------|-------|
| | 1 год | | | 2 год | | | 3 год | | | до | | | 1 год | | | 2 год | | | 3 год | | | до | 1 год | 2 год | 3 год |
| | до | год | год | до | год | год | до | год | год | до | год | год | до | год | год | до | год | год | до | год | год | до | год | год | |
| 0-15 | Контроль | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4,1 | 4,2 | 4,0 | 2,6 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 10,8 | 6,7 | 8,0 | 8,2 | 65,3 | 24,4 | 58,5 | 18,1 | | | | | | | | | |
| | 4,0 | 4,0 | 4,3 | 2,7 | 3,0 | 2,9 | 2,9 | 7,8 | 10,9 | 5,8 | 10,4 | 26,4 | 5,3 | 25,8 | 13,5 | | | | | | | | | | |
| 30-40 | 4,3 | 3,9 | 4,0 | 2,8 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,9 | 8,6 | 5,3 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 15,3 | 9,5 | | | | | | | | | | |
| Удобрения | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-15 | 4,3 | 4,2 | 4,0 | 3,9 | 2,9 | 3,1 | 2,7 | 9,6 | 57,0 | 52,3 | 37,9 | 71,1 | 27,0 | 61,8 | 57,9 | | | | | | | | | | |
| 15-30 | 4,4 | 4,3 | 4,0 | 4,0 | 2,9 | 3,2 | 2,9 | 7,3 | 28,8 | 5,6 | 4,9 | 21,0 | 16,3 | 11,4 | 15,9 | | | | | | | | | | |
| 30-40 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,6 | 3,0 | 3,2 | 2,9 | 5,5 | 7,8 | 4,4 | 3,0 | 5,3 | 5,6 | 6,6 | 17,2 | | | | | | | | | | |

За счет более активной трансформации органического вещества повысилась зольность верхнего слоя почвы. Удобрения, при правильном подборе и внесении в требуемых количествах, представляют весьма действенное средство повышения плодородия почвы и соответственно увеличения производительности условий местообитания. Установлено, что минеральные удобрения на торфяных почвах не только восполняют недостаток элементов питания в доступной для растений форме, но и создают условия для ускорения минерализации торфа почвенной микрофлорой (7). Снижение дефицита в минеральном питании после внесения удобрений приводит к увеличению численности большей части микробной биоты. Активизация микрофлоры усиливает процессы накопления аминного азота и разрушения целлюлозы, соответственно белки и углеводы растительных остатков минерализуются быстрее, высвобождающиеся элементы минерального питания вновь включаются в биологический круговорот веществ. К сожалению, после четырех лет по ряду причин, эти исследования были прекращены.

Внесение минеральных удобрений оказало прежде всего большое влияние на изменение ассимиляционного аппарата сосны, что выразилось в увеличении сухого веса 100 пар хвоинок и длины хвои, указанные параметры особенно возросли по сравнению с контролем на второй год после внесения удобрений, хотя в последствии эта разница несколько сократилась, но оставалась достоверной на протяжении 5 лет (табл. 3,4).

Т а б л и ц а 3
Изменение сухой массы 100 пар хвоинок сосны, г

| Вариант опыта | 1 год | | 2 год | | 3 год | | 4 год | |
|-----------------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | M + m | %ог кон-роля |
| Расстояние от канавы 0–25 метров | | | | | | | | |
| Сосна 25–50 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 1.10±0.04 | 100 | 1.00±0.05 | 100 | 1.92±0.06 | 100 | 3.14±0.07 | 100 |
| Удобрения | 1.44±0.04 | 130 | 3.36±0.24 | 336 | 3.30±0.14 | 172 | 3.44±0.07 | 110 |
| Сосна 60–80 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 1.66±0.03 | 100 | 2.18±0.57 | 100 | 2.42±0.09 | 100 | | |
| Удобрения | 1.90±0.04 | 114 | 5.04±0.08 | 231 | 3.80±0.24 | 157 | | 0 |
| Расстояние от канавы 26–57 метров | | | | | | | | |
| Сосна 25–50 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 1.28±0.04 | 100 | 1.34±0.05 | 100 | 1.78±0.07 | 100 | 2.80±0.14 | 100 |
| Удобрения | 1.30±0.02 | 102 | 2.74±0.18 | 204 | 3.26±0.23 | 183 | 3.06±0.10 | 109 |
| Сосна 60-80 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 1.78±0.02 | 100 | 1.74±0.06 | 100 | 2.46±0.11 | 100 | | |
| Удобрения | 1.80±0.02 | 101 | 3.40±0.04 | 178 | 3.22±0.12 | 131 | | |

Т а б л и ц а 4
Изменение длины хвоя сосны, см

| Вариант опыта | 1 год | | 2 год | | 3 год | | 4 год | |
|-----------------------------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| | M + m | %от кон-троля |
| Расстояние от канавы 0–25 метров | | | | | | | | |
| Сосна 25–50 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 2.7±0.04 | 100 | 3.3±0.06 | 100 | 3.0±0.04 | 100 | 4.1±0.05 | 100 |
| Удобрения | 2.8±0.03 | 104 | 4.3±0.05 | 187 | 4.7±0.06 | 157 | 5.0±0.04 | 122 |
| Сосна 60–80 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 3.0±0.04 | 100 | 3.3±0.08 | 100 | 3.3±0.04 | 100 | | |
| Удобрения | 3.7±0.06 | 123 | 6.0±0.11 | 182 | 5.2±0.11 | 158 | | |
| Расстояние от канавы 26–57 метров | | | | | | | | |
| Сосна 25–50 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 2.5±0.04 | 100 | 2.5±0.05 | 100 | 3.3±0.04 | 100 | 4.0±0.04 | 100 |
| Удобрения | 2.6±0.02 | 104 | 3.5±0.08 | 140 | 4.8±0.06 | 145 | 4.7±0.05 | 118 |
| Сосна 60–80 – летнего возраста | | | | | | | | |
| Контроль | 2.7±0.03 | 100 | 2.8±0.06 | 100 | 3.3±0.04 | 100 | | |
| Удобрения | 3.0±0.03 | 111 | 4.6±0.10 | 164 | 4.2±0.06 | 127 | | |

Увеличение параметров хвои сосны положительно сказалось на изменении роста деревьев в высоту и по диаметру. Прирост в высоту у молодой сосны (20–50 лет) на второй год после проведения подкормки увеличился на 75% и оставался примерно на том же уровне в течение ещё трех лет, затем начал постепенно снижаться и на десятый год выровнялся с приростом сосны в контрольном насаждении (табл.5). Наибольшие значения приростов по диаметру у молодой сосны на удобренном варианте отмечены на второй и третий годы (226–239% к контролю), затем наблюдалось резкое снижение, к седьмому году до 107%. На десятый год прирост на удобренном варианте был равен приросту сосны контрольного варианта (табл.6). В среднем за 10 лет увеличение приростов 20–50-летней сосны под влиянием внесения минеральных удобрений составило : в высоту – 133,1%, по диаметру –136,1% по отношению к контролю.

Максимум увеличения прироста в высоту у сосны старшего поколения (60–80 лет) на удобренном варианте отмечен на второй-третий год (209–206% к контролю), и довольно высоким он оставался ещё на протяжении 4 лет, а затем резко снизился до размеров прироста сосны в контрольном насаждении (см. табл. 5). Примерно такая же картина наблюдалась и с приростом по диаметру (см. табл. 6). В среднем за 10 лет увеличение приростов 60–80 летней сосны составило: в высоту – 143,4 и по диаметру – 130,0% по отношению к контролю.

Т а б л и ц а 5

**Изменение прироста по высоте у сосны разного возраста после
внесения минеральных удобрений в сосняке кустарничково-сфагновом**

| Годы | Прирост по высоте, см. | | | | | |
|----------------------|------------------------|--|-------|-----------------|--|-------|
| | Сосна 20-50 лет | | | Сосна 60-80 лет | | |
| | Варианты | | % | Варианты | | % |
| | Контроль | N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | | Контроль | N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | |
| Первая подкормка | | | | | | |
| 1 ^{ый} год | 14,8 | 16,4 | 110,8 | 20,6 | 22,8 | 110,7 |
| 2 ^{ой} год | 13,4 | 23,4 | 174,6 | 20,6 | 26,4 | 128,2 |
| 3 ^{ий} год | 19,2 | 34,8 | 181,2 | 17,2 | 36,0 | 209,3 |
| 4 ^{ый} год | 22,4 | 41,2 | 183,9 | 19,8 | 40,8 | 206,1 |
| 5 ^{ый} год | 24,6 | 40,2 | 163,4 | 22,8 | 41,6 | 182,5 |
| 6 ^{ой} год | 25,6 | 33,2 | 129,7 | 28,0 | 39,4 | 140,7 |
| 7 ^{ой} год | 32,0 | 35,6 | 111,2 | 27,2 | 40,0 | 147,1 |
| 8 ^{ой} год | 35,8 | 39,2 | 109,5 | 31,0 | 40,6 | 131,0 |
| 9 ^{ый} год | 31,2 | 34,6 | 110,9 | 28,0 | 31,6 | 112,9 |
| 10 ^{ый} год | 25,4 | 26,6 | 104,7 | 26,0 | 26,8 | 103,1 |
| Среднее | 24,4 | 32,5 | 133,1 | 21,9 | 31,4 | 143,4 |
| Вторая подкормка | | | | | | |
| 1 ^{ый} год | 20,2 | 23,2 | 114,9 | 23,4 | 26,8 | 114,5 |
| 2 ^{ой} год | 21,8 | 31,4 | 144,0 | 25,2 | 32,6 | 129,4 |
| 3 ^{ий} год | 21,2 | 30,0 | 141,5 | 18,0 | 31,6 | 175,6 |
| 4 ^{ый} год | 21,0 | 33,2 | 158,1 | 21,6 | 31,2 | 144,4 |
| 5 ^{ый} год | 21,0 | 31,0 | 147,6 | 20,4 | 26,2 | 128,4 |
| 6 ^{ой} год | 17,0 | 29,4 | 172,9 | 16,8 | 27,2 | 161,9 |
| 7 ^{ой} год | 17,6 | 28,2 | 160,2 | 18,4 | 25,8 | 140,2 |
| 8 ^{ой} год | 18,2 | 25,0 | 137,4 | 19,2 | 25,0 | 130,2 |
| 9 ^{ый} год | 19,6 | 30,6 | 156,1 | 17,6 | 25,4 | 144,3 |
| 10 ^{ый} год | 19,8 | 29,8 | 152,0 | 16,8 | 22,8 | 135,7 |
| 11 ^{ый} год | 20,0 | 23,4 | 117,0 | 17,0 | 24,4 | 143,5 |
| Среднее | 21,7 | 31,5 | 145,0 | 18,8 | 27,2 | 139,4 |

Подкормка оказало большое влияние и на процесс формирования насаждения. За счет увеличения приростов в высоту и по диаметру подрост молодой сосны на участке с внесением минеральных удобрений достиг пересчетных размеров, густота сосны увеличилась за 10 лет на 2133 шт/га, тогда как в контрольном насаждении на 1106 шт/га. В составе насаждения на удобренном варианте возросло количество березы до 148 шт/га, на контроле её количество значительно меньше – 17 шт/га. За счет проведения подкормки полным минеральным удобрением в сосняке кустарничково-сфагновом дополнительный прирост по запасу за 10 лет составил 14,2 м³/га (табл.7.)

Полученные результаты свидетельствовали о том, что на 9 год после внесения минеральных удобрений, прирост по высоте и диаметру сосны

Т а б л и ц а 6

**Изменение приростов по диаметру на высоте груди у сосны
разного возраста после внесения минеральных удобрений
в сосняке кустарничково-сфагновом**

| Годы | Прирост по диаметру на высоте груди, см. | | | | | |
|----------------------|--|--|------------|-----------------|--|------------|
| | Сосна 20-50 лет | | | Сосна 60-80 лет | | |
| | Варианты | | % | Варианты | | % |
| | Контроль | N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | к контролю | Контроль | N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | к контролю |
| Первая подкормка | | | | | | |
| 1 ^{ый} год | 2,26 | 2,70 | 119,5 | 2,81 | 3,32 | 118,1 |
| 2 ^{ой} год | 2,10 | 4,75 | 226,2 | 2,92 | 3,92 | 134,2 |
| 3 ^{ий} год | 1,96 | 4,68 | 238,8 | 2,13 | 3,91 | 183,6 |
| 4 ^{ый} год | 2,94 | 4,98 | 169,4 | 2,70 | 4,29 | 158,9 |
| 5 ^{ый} год | 3,42 | 4,34 | 126,9 | 3,30 | 4,30 | 130,3 |
| 6 ^{ой} год | 3,54 | 4,02 | 113,6 | 2,92 | 3,91 | 133,9 |
| 7 ^{ой} год | 3,08 | 3,30 | 107,1 | 2,69 | 3,21 | 119,4 |
| 8 ^{ой} год | 2,76 | 2,90 | 105,1 | 2,60 | 3,00 | 115,4 |
| 9 ^{ый} год | 2,78 | 2,91 | 104,7 | 2,51 | 2,72 | 108,4 |
| 10 ^{ый} год | 2,38 | 2,44 | 102,5 | 2,41 | 2,52 | 104,6 |
| Среднее | 2,72 | 3,70 | 136,1 | 2,70 | 3,51 | 130,0 |
| Вторая подкормка | | | | | | |
| 1 ^{ый} год | 2,24 | 2,74 | 122,3 | 2,78 | 3,14 | 112,9 |
| 2 ^{ой} год | 1,62 | 2,40 | 148,1 | 2,12 | 2,84 | 134,0 |
| 3 ^{ий} год | 1,24 | 2,06 | 166,1 | 1,78 | 2,76 | 155,1 |
| 4 ^{ый} год | 1,04 | 1,66 | 159,6 | 1,68 | 2,28 | 135,7 |
| 5 ^{ый} год | 1,14 | 1,60 | 140,4 | 1,56 | 1,74 | 111,5 |
| 6 ^{ой} год | 0,84 | 1,46 | 183,3 | 1,46 | 1,54 | 105,5 |
| 7 ^{ой} год | 1,04 | 1,54 | 148,1 | 1,60 | 1,86 | 116,3 |
| 8 ^{ой} год | 1,00 | 1,10 | 110,0 | 1,32 | 1,48 | 112,1 |
| 9 ^{ый} год | 1,00 | 1,22 | 122,0 | 1,20 | 1,34 | 111,7 |
| 10 ^{ый} год | 1,26 | 1,36 | 107,9 | 1,54 | 1,62 | 105,2 |
| 11 ^{ый} год | 1,48 | 1,48 | 100,0 | 1,72 | 1,96 | 114,0 |
| Среднее | 1,39 | 1,86 | 134,0 | 1,71 | 2,05 | 120,0 |

различного возраста на контрольном и удобренном вариантах в сосняке кустарничково-сфагновом на бедной верховой торфяной почве выровнялся. Это совпадает с данными ряда авторов полученных несколько ранее (8,9), что эффект от внесения полных минеральных удобрений прослеживается в течение 7–8 лет. По мнению У. А. Валка (10), влияние полного минерального удобрения на рост деревьев на олиготрофных почвах продолжается 5–7 лет, а по данным В.А. Ипатьева (11), влияние продолжается 8–10 лет.

В связи с прекращением последствий подкормки путем равномерно-го разбрасывания по поверхности почвы были повторно внесены минеральные удобрения в том же составе и в той же дозе, что и при первичной подкормке, (см. выше).

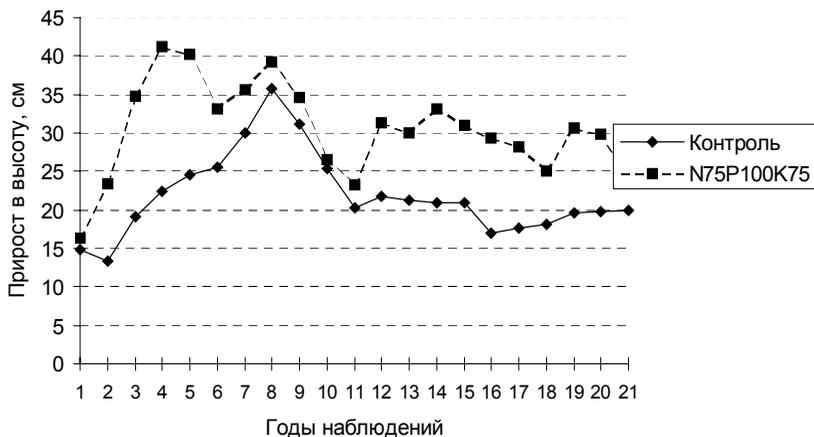
**Изменение таксационной характеристики контрольного и удобрённого вариантов
сосняка кустарничково-сфагнового**

| Год | Состав | Возраст, лет | Средние | | Густота, шт/га | Полнога | | Запас, м ³ /га | | Бонитет | | Приме- чание |
|---|-------------|-----------------|---------------------------|---------|-------------------|-----------------------------|------|---------------------------|---------------|---------|----------------|-----------------|
| | | | Д _{1,3м} , см | Н, м | | абс., м ² /га | отн. | Расту- щей | Сухос- той | Общий | Теку- щий | |
| Контроль | | | | | | | | | | | | |
| В год закладки | 10С ед.Б | 15-120 | | | 1469 | | | | 8,0 | | Уа | |
| Через 10 лет | 3,3С | 40 | 4,0 | 3,9 | 2049 | 2,6 | | 8,2 | 8,2 | | Уа | УХ |
| | 2,8С | 70 | 6,7 | 5,4 | 326 | 1,2 | 0,40 | 4,4 | 0,9 | | | |
| | 3,8С | >100 | 11,0 | 7,0 | 200 | 1,9 | | 7,5 | | | | |
| Через 21 год | 0,1Б | | 5,4 | 5,7 | 17 | 0,0 | | 0,2 | | | Уа | УХ |
| | 4,3С | 50 | 5,1 | 5,7 | 2410 | 4,9 | 0,58 | 15,6 | 0,9 | | | УХ |
| | 2,3С | 80 | 9,1 | 7,4 | 309 | 2,0 | 0,57 | 7,5 | | | | УХ |
| | 3,4С | >110 | 12,5 | 7,6 | 204 | 2,5 | | 9,8 | | | | |
| | ед.Б | | 6,5 | 7,0 | 17 | 0,1 | | 0,3 | | | | |
| Удобрения (N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅) | | | | | | | | | | | | |
| В год закладки | 10С ед.Б | 15-120 | | | 1504 | | | 8,0 | | | Уа | |
| Через 10 лет | 4,1С | 40 | 4,2 | 4,7 | 3129 | 4,4 | | 13,8 | | | У ₅ | II |
| | 2,0С | 70 | 9,0 | 7,2 | 291 | 1,9 | 0,58 | 6,3 | 1,2 | | | |
| | 3,5С | >100 | 13,7 | 8,8 | 217 | 3,2 | | 12,8 | | | | |
| Через 21 год | 0,4Б | | 6,0 | 6,5 | 148 | 0,4 | | 1,6 | | | У | II |
| | 4,8С | 50 | 5,9 | 7,0 | 2932 | 7,8 | 0,78 | 30,3 | 3,4 | | | УХ |
| | 1,9С | 80 | 11,1 | 9,1 | 278 | 2,7 | 0,78 | 12,1 | | | | УХ |
| | 2,6С | >110 | 14,9 | 10,0 | 200 | 3,5 | | 16,3 | | | | |
| | 0,7Б | | 8,7 | 10,5 | 150 | 0,8 | | 4,3 | | | | |

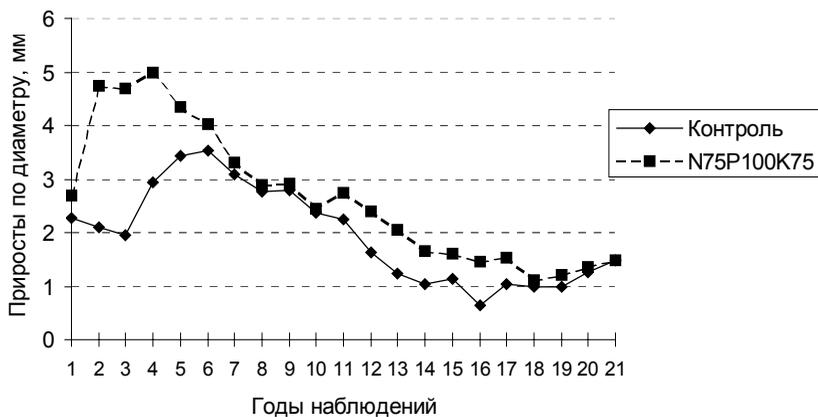
Как уже было сказано ранее, при подкормке минеральными удобрениями прежде всего изменяется ассимиляционный аппарат сосны, что выражается в увеличении сухой массы 100 пар хвоинок, параметров хвои и изменении её окраски. Степень изменений связана с условиями местопроизрастания, интенсивностью осушения и возрастом деревьев. Масса 100 пар хвоинок сосны 30–60-летнего возраста в первые три года после проведения повторной подкормки возросла в 1,2–1,8 раза, а сосны 60–90-летнего возраста всего лишь в 1,02–1,3 раза. Заметны различия и в длине хвои. Уже на 2^{ой} год после подкормки длина хвои молодой сосны увеличилась на 70%, а сосны старшего возраста на 32%. К концу 4-го года наблюдений масса 100 пар хвоинок и длина хвои, в независимости от возраста, уменьшилась до размеров контрольного варианта.

Повторное внесение минеральных удобрений оказало большое влияние на развитие кустарничково-травяного яруса. У некоторых видов (голубика, осоки) было отмечено изменение окраски листьев (с бледно-зеленой на темно-зеленую), увеличение массы и проективного покрытия площади занятой этими видами. Фитомасса надземной части кустарничково-травяного яруса на следующий год после подкормки увеличилась на 15%, однако уже через три года наблюдается резкое уменьшение, почти в 2 раза. Уменьшение фитомассы и процента проективного покрытия кустарничково-травяного яруса вызвано не только снижением влияния минеральной подкормки, но и угнетающим влиянием древостоя, за счет увеличения относительной полноты и сомкнутости крон. На рост и развитие сфагнумов минеральная подкормка оказала отрицательное влияние. Внесение минеральных удобрений является токсичным для сфагнумов и в результате этого занятая ими площадь и их масса значительно уменьшились, на 30-40%. Отмечено некоторое увеличение проективного покрытия и массы кукушкиного льна и Плеуроциум Шребери, на 5–10%.

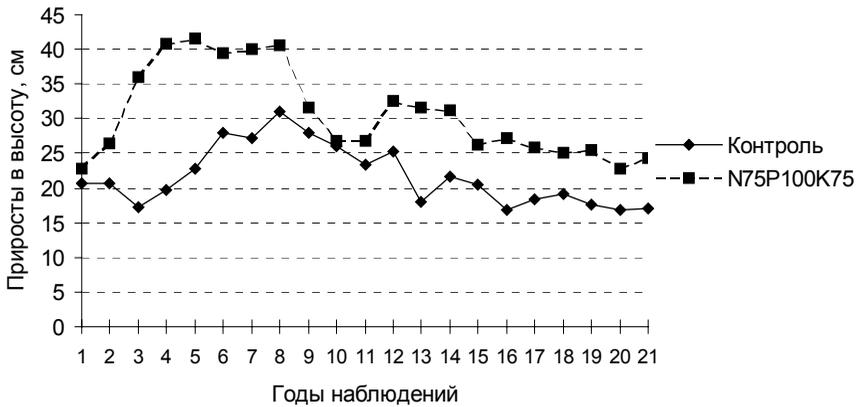
Как показали исследования, выполненные через 10 лет, вторичная подкормка полным минеральным удобрением оказала положительное влияние на рост насаждения. Уже на второй год после подкормки произошло увеличение приростов в высоту и по диаметру у всех деревьев, на 30–50%. Реакция на внесение минеральных удобрений у деревьев разного возраста не равнозначная. У молодой части насаждения (возраст деревьев 20-50 лет) на второй год после подкормки прирост в высоту возрос более чем на 40%, по сравнению с контрольным насаждением, оставался стабильно высоким в течение 10 лет и лишь на одиннадцатый год снизился до 117% (см. табл.5, рис. 1).



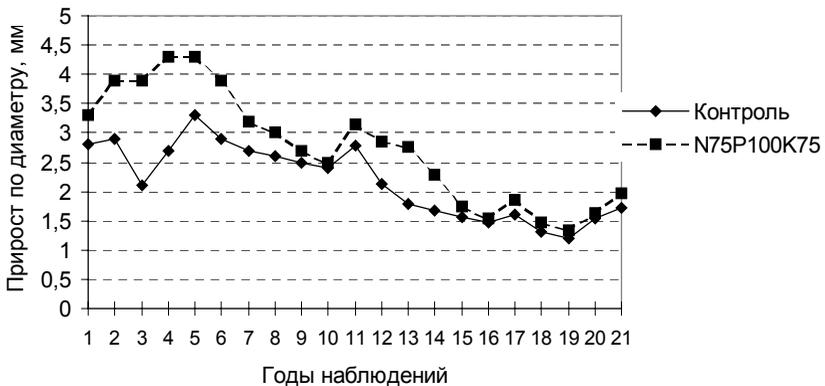
Р и с . 1. Изменение прироста в высоту после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 20–50-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом



Р и с . 2. Изменение прироста по диаметру после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 20–50-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом.



Р и с . 3. Изменение прироста в высоту после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 60–90-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом.



Р и с . 4. Изменение прироста по диаметру после первой подкормки и повторной через 10 лет у сосны 60–90-летнего возраста в сосняке кустарничково-сфагновом.

По диаметру на высоте груди у молодых деревьев сосны значительное увеличение прироста наблюдалось в течение 7 лет, а затем прирост постепенно снижается и на одиннадцатый год выравнивается с приростом на контрольном варианте (см. табл.6, рис.2.) Максимальное увеличение приростов в высоту и по диаметру у молодых деревьев сосны удобренного древостоя отмечено на шестой год после повторного внесения полного минерального удобрения.

У деревьев сосны старшего возраста (60–90 лет) на удобренном варианте максимальный прирост в высоту (175%, по сравнению с контрольным насаждением) зафиксирован на третий год после проведения повторной подкормки, затем он снизился до 140% и оставался на том же уровне и на одиннадцатый год (см. табл.5, рис. 3.). Значительное увеличение прироста по диаметру на высоте груди у деревьев старшего поколения на удобренном участке отмечено лишь первые четыре года после повторной подкормки (133–156%, по сравнению с контролем). Затем наблюдается некоторое его снижение и стабилизация на уровне 105–112% на протяжении всего периода наблюдений, одиннадцати лет (см. табл. 6., рис.4). Срок действия повторной подкормки более 11 лет.

Результаты исследований подтверждают ранее высказанное мнение (12), что расстояние 115 метров между каналами а сосняках кустарничково-сфагновых на бедной олиготрофной торфяной почве в условиях Карелии не обеспечивает необходимой нормы осушения. Прирост по высоте и диаметру на высоте груди, как в контрольном древостое так и на удобренном варианте, за весь период наблюдений (20 лет) в приканальной зоне (0–30 м) значительно выше (на 20–30%), чем посредине межканальной полосы (табл.8). В последние годы отмечено снижение темпов роста деревьев, как в зоне экстенсивного осушения, так и в зоне интенсивного осушения, которое объясняется ухудшением состояния осушительной сети, уменьшением глубины каналов за счет зарастания дна их мхами. Полученные данные позволяют сделать вывод, что в условиях лучшего водного режима наблюдается более сильное влияние внесения минеральных удобрений.

Т а б л и ц а 8
Среднегодичный прирост в высоту и по диаметру сосны
20-50 - летнего возраста при разном удалении от канавы

| Вариант | Расстояние до канавы, м | Прирост по высоте, см | % к контролю | Прирост по диаметру, мм | % к контролю |
|--|-------------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Контроль | 0–30 | 22,6 | 100 | 1,43 | 100 |
| N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | 0–30 | 34,1 | 150,9 | 2,00 | 140,0 |
| Контроль | 30–57 | 16,7 | 100 | 1,05 | 100 |
| N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | 30–57 | 23,1 | 138,3 | 1,40 | 133,3 |

Анализ прироста по высоте, диаметру и объему показал, что молодые деревья сосны, в возрасте 20–50 лет, в сосняке кустарничково-сфагновом интенсивнее реагируют на проведение повторной подкормки полным минеральным удобрением, чем сосна более высокого возраста, 60–80 лет. Среднегодичный прирост по высоте у сосны молодого поколения за период наблюдений на удобренном участке составил 29,2 см, тогда как на контрольном варианте 19,7 см, прирост по диаметру на высоте груди, соответственно, 1,72 и 1,24 мм. У сосны старшего поколения прирост по высоте на опытном варианте был равен 27,5 см, на контроле 19,7 см, прирост по диаметру на высоте груди, соответственно, 2,06 и 1,70 мм (табл. 9)

Как показали проведенные повторные учеты, осушение оказало большое положительное влияние на рост и формирование сосняка кустарничково-сфагнового. Значительно увеличился прирост по высоте и диаметру, особенно у молодой сосны, насаждение после осушения растет по V классу бонитета, до осушения был V^a класс бонитета. Подрост, имевшийся до осушения и появившийся в первые годы после осушения, в условиях благоприятного водно-воздушного режима достиг пересчетных размеров, густота на контрольном участке продолжает увеличиваться. За последние десять лет густота молодой сосны возросла на 341 штук на 1 га. Общий запас увеличился на 60%, относительная полнота на 0,17 и составляет в настоящее время 0,57 (см. табл.7.).

Т а б л и ц а 9

**Среднегодичный прирост деревьев сосны разного возраста
в высоту и по диаметру за десять лет после повторной подкормки**

| Вариант опыта | Возраст деревьев, лет | Прирост по высоте, см | % к контролю | Прирост по диаметру, мм | % к контролю |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Контроль | 20–50 | 19,7 | 100 | 1,24 | 100 |
| N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | 20–50 | 29,2 | 148,2 | 1,72 | 138,3 |
| Контроль | 60–80 | 19,7 | 100 | 1,70 | 100 |
| N ₇₅ P ₁₀₀ K ₇₅ | 60–80 | 27,5 | 139,6 | 2,06 | 120,8 |

На удобренном участке в результате положительного влияния первичной подкормки были созданы оптимальные условия для роста сосны. Густота её, за счет перехода подроста в основной ярус, на момент повторной подкормки была 3785 шт./га, в 1,5 раза больше чем в контрольном варианте. Как показали учеты, проведенные через 10 лет после повторной подкормки, на удобренном участке наблюдался отпад сосны всех поколений, наибольший у молодой сосны, идет процесс естественного самоизреживания, что подтверждается наличием большого количества сухостоя (см. табл.7.) На удобренном варианте к

настоящему времени сформировалось насаждение, в котором доминирующее положение занимает сосна в возрасте 30–60 лет. Относительная полнота составляет 0,78. Сосна молодого поколения растет по II классу бонитета. Проведение повторной подкормки полным минеральным удобрением позволило получить дополнительный прирост по запасу $1,56 \text{ м}^3/\text{га}$ в год, в основном за счет молодого поколения, тогда как у сосны старшего поколения (возраст > 110 лет), несмотря на положительную реакцию на внесение удобрений, запас мало изменился, что объясняется уменьшением числа стволов.

Лесоводственная эффективность проведения повторной подкормки полным минеральным удобрением в сосняке кустарничково-сфагновом на бедной торфяной почве могла быть значительно выше. В данном случае большое отрицательное влияние оказало резкое ухудшение состояния осушительной сети, вызванное засорением проводящей сети, что привело к сильному зарастанию каналов мхами и подъему уровня почвенно-грунтовых вод. Непременным условием применения минеральных удобрений на осушенных землях является обеспечение достаточной степени осушения. Только создав благоприятный водный режим в почве можно ожидать хорошей реакции древесных растений на подкормку минеральными удобрениями (13). Высокий уровень почвенно-грунтовых вод ослабляет жизнедеятельность корневых систем, препятствует их углублению, а значит, ухудшает условия корневого питания. Кроме того, высокий уровень почвенно-грунтовых вод способствует усилению выноса минеральных удобрений в проводящую сеть, уменьшая их концентрацию в корнеобитаемом слое в доступной для растений форме.

Подкормки, как первичная так и повторная, прежде всего оказывают влияние на ассимиляционный аппарат сосны, что выражается в увеличении массы 100 пар хвоинок и длины хвои. Увеличение параметров хвои на удобренном участке наблюдалось в течении 3–4 лет, затем они уменьшаются до размеров хвои контрольного участка.

В первые два года после подкормки, фитомасса и процент проективного покрытия кустарничково-травяного яруса увеличивается, на 3–4-ый год происходит резкое их уменьшение, как за счет снижения влияния минеральных удобрений, так и угнетающего влияния сформировавшегося древостоя (увеличения относительной полноты и сомкнутости крон полога, изменения условий освещенности и конкуренции за питательные вещества).

Внесение минеральных удобрений и положительная реакция древостоя на подкормку оказывают отрицательное влияние на сфагновые мхи, происходит их отмирание. Образовавшуюся экологическую нишу постепенно занимают зеленые мхи (кукушкин лен, Плеуроциум Шребери), их фитомасса и процент проективного покрытия увеличиваются.

Отзывчивость сосны молодого поколения на внесение минеральных удобрений значительно выше, чем у сосны старшего поколения, что выражается в более высоком приросте по высоте, диаметру и запасу.

За счет улучшения водно-воздушного режима после проведения гидроресомелиоративных работ на месте бывшего облесённого окрайка болота с низкорослой сосной в контрольном варианте, по истечении 30 лет после осушения, формирование насаждения продолжается, густота древостоя увеличивается. На удобренном варианте, за счет создания благоприятного пищевого режима, сформировалось высокополнотное насаждение, идет процесс естественного изреживания.

Срок действия первичной подкормки 9 лет, повторной более 11 лет, дополнительный прирост за 20 лет наблюдений составил 30 м³/га.

Л и т е р а т у р а

1. Технические указания по осушению лесных площадей. М., 1971. 214с
2. Основные положения по гидроресомелиорации. С.-Петербург, 1995, 60с.
3. *Вомперский С.Э.* Биологические основы эффективности лесосоосушения. М., 1968, 312с.
4. *Пятецкий Г.Е.* Потенциальная лесоводственная производительность болот // Болота и заболоченные земли Карелии. Петрозаводск, 1964, С.114–131.
5. *Ионин И. В.* Эффективность применения удобрений на осушенных землях // опросы комплексного изучения болот. Петрозаводск, 1973, С. 165–173.
6. *Пятецкий Г.Е., Ионин И.В., Жарова Л.П.* Лесохозяйственное освоение осушенных болот. Петрозаводск, 1976, 129с.
7. *Загуральская Л.М., Клейн Л.А.* Изменение микробиологических процессов в торфяной почве переходного типа под влиянием рубок//Научные основы повышения эффективности использования болот Карелии. Петрозаводск, 1982, С. 29–35.
8. *Яниевска З.Я.* Изменение количества питательных веществ в удобренных почвах верховых болот (осушенных)//Торф в лесном хозяйстве. Рига, 1977. С. 45—52.
9. *Морозова Р.М., Медведева В.М., Ионин И.В., Федорец Н.Г., Матюшкин В.А., Кукушкин Е.Н.* Эффективность использования апатит-штаффелитовой руды в лесных насаждениях//Болотные биогеоценозы и их изменения в результате антропогенного воздействия. Л., 1983, С. 115–148.
10. *Валж У.А.* Опыт по удобрению насаждений в Эстонской ССР//Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюз. совещ. Архангельск, 1986. С.5–6.
11. *Ипатьев В.А., Смоляк Л.П., Блинцов И.К.* Ведение лесного хозяйства на осушенных землях. М., 1984, 144с.
12. *Медведева В.М., Матюшкин В.А.* О степени осушения заболоченных лесных земель// Заболоченные лесные земли Северо-Запада СССР и их лесохозяйственное освоение. Петрозаводск, 1981, С. 88–101.
13. *Корчагина М.П., Матюшкин В.А.* Применение минеральных удобрений в сосняках кустарничково-сфагновых на осушенных торфяных почвах//Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюзного сов. Архангельск, 1986, С.152–153.