

УДК 630\*232.322.4:674.032.475.4  
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.18

**ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ВНЕСЕНИЯ  
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ  
И СТРУКТУРУ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА  
В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ\***

*Н.В. Геникова, канд. биол. наук, науч. сотр.*

*В.А. Харитонов, науч. сотр.*

Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук, ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910;  
e-mail: genikova@krc.karelia.ru, haritonov@krc.karelia.ru

Приведены результаты исследования последействия многолетнего внесения различных сочетаний минеральных удобрений (простые (азот – N, фосфор – P, калий – K), комплексные (PK, NP, NK, NPK) и контроль) на напочвенный покров в культурах сосны в Карельском таежном районе через 17 лет после окончания их применения. Пробные площади после внесения различных удобрений отличаются общим количеством видов, соотношением обилия групп растений (кустарнички, мхи, лишайники) и количеством опада. Варианты опыта с простыми калийными и фосфорными удобрениями (без азота) по указанным характеристикам близки к контролю. В этих вариантах отмечено наименьшее количество видов растений мохово-лишайникового и травяно-кустарничкового яруса, при этом проективное покрытие видов напочвенного покрова высокое, выявлено наименьшее значение относительной полноты древостоя (0,7...0,8), максимальное проективное покрытие кустистых лишайников (25 %) и минимальное количество опада (12 %). В вариантах с комплексными азотными и фосфорными удобрениями относительная полнота древостоя – 1,0 и выше, при этом обилие лишайников незначительное (12 %), количество опада – 40 %. Влияние азотсодержащих удобрений проявилось в увеличении видового разнообразия напочвенного покрова за счет мезотрофных видов. Многолетнее применение азотсодержащих удобрений усилило рост культур сосны не только во время их внесения, но и в период последействия. Густой древостой и большое количество хвойного опада создают неблагоприятные условия произрастания как для кустистых лишайников, так и для зеленых мхов. Влияние внесенных азотсодержащих удобрений сохраняется на протяжении 17 лет после прекращения опыта.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, культуры сосны, напочвенный покров, песчаные почвы.

*Введение*

В связи с интенсивными лесозаготовками во второй половине прошлого столетия перед лесным хозяйством таежной зоны остро встал вопрос повышения продуктивности лесов. В тот период использование минеральных удобрений являлось наиболее доступным и эффективным мероприятием.

---

\*Работа выполнена в рамках государственного задания Института леса Карельского научного центра Российской академии наук.

*Для цитирования:* Геникова Н.В., Харитонов В.А. Последействие многолетнего внесения минеральных удобрений на видовой состав и структуру напочвенного покрова в культурах сосны на песчаных почвах // Лесн. журн. 2018. № 1. С. 18–28. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.18

Параллельно с этим, как правило, исследовались вопросы, касающиеся изменений агрохимических свойств почв, роста и развития древостоев, качества получаемой древесины [2, 4, 9, 15, 16]. Работы по изучению трансформации напочвенного покрова под влиянием удобрений носили в основном сопутствующий характер [7, 8, 11]. Особую актуальность проблема восстановления почвенного плодородия приобрела на вырубках сосняков на бедных песчаных почвах, где продолжительность действия удобрений меньше, чем на почвах тяжелого механического состава [17]. Несмотря на то, что работ по применению минеральных удобрений в лесном хозяйстве достаточно много, изучение действия удобрений ограничивалось периодом их внесения, т. е. непродолжительным временем после завершения подкормок. Имеющиеся сведения по долговременному последствию удобрений, связанному со вторичным использованием минеральных веществ в биологическом круговороте, немногочисленны и затрагивают проблемы продуктивности насаждений и агрохимических свойств почв [6, 9].

В настоящей статье рассмотрено влияние последствия многолетнего внесения минеральных удобрений на видовой состав и структуру напочвенного покрова сосняка брусничного, сформировавшегося на паловой вересковой вырубке.

#### *Объекты и методы исследования*

В 1961 г. в Карельском таежном районе\* Институтом леса Карельского филиала АН СССР были заложены опыты по изучению влияния многолетнего применения минеральных удобрений на сохранность и рост культур сосны (*Pinus sylvestris* L.). Исходный тип леса – сосняк брусничный, состав древостоя – 10С+Б, класс бонитета – IV. После рубки древостоя и пожара в 1960 г. сформировался вересково-паловый тип вырубки. Почва – маломощная поверхностно-подзолистая песчаная на озерно-ледниковых песчаных отложениях, мощность всего почвенного профиля – 25...40 см [5]. Культуры сосны созданы посевом весной при помощи покровосдирателя-сеялки ПСТ-2А. На восьми пробных площадях (ПП), размером 0,05 га каждая, в стадии молодняка были вырублены все лиственные породы.

Минеральные удобрения вносили ежегодно с 1967 по 1996 г. В качестве азотных (N) удобрений использовали мочевину ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), фосфорных (P) – суперфосфат гранулированный ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$ ), калийных (K) – хлористый калий (KCl) по схеме: K, P, N, PK, NK, NP, NPK и контроль (без удобрений). С 1967 по 1972 г. удобрения N и K вносили в дозе 60 кг/га по действующему веществу, P – 120 кг/га; с 1972 по 1996 г. – по 120 кг/га каждого [16].

Цель эксперимента – изучение влияния минеральных удобрений на химические свойства почвы, развитие напочвенного покрова, рост культур сосны и устойчивость их к патогенам.

В дальнейшем на опытном участке велись стационарные многолетние исследования влияния длительного внесения удобрений на плодоношение макромицетов. Через 17 лет после окончания опыта при обследовании опытного объекта были отмечены значительные различия между вариантами как в росте культур сосны, так и в составе и структуре напочвенного покрова. Таким образом, даже после завершения подкормок прослеживается долговре-

\*Подзона средней тайги по лесорастительному районированию согласно приказу № 367 от 18.08.2014 (с изм. от 21.03.2016) Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

менное действие многолетнего дополнительного минерального питания на насаждение. Поэтому мы сочли целесообразным проведение детальных исследований последствий 30-летнего применения удобрений на структуру и видовой состав живого напочвенного покрова.

Исследования древостоев на ПП велись по общепринятым в лесной таксации методикам при сплошном перечеке деревьев по диаметрам и измерении высоты по ступеням толщины. Оценивалось проективное покрытие видов сосудистых растений, мхов, лишайников и опада. Для сравнения ПП между собой вычислен коэффициент сходства Сьеренсена–Чекановского для количественных признаков [14].

*Результаты исследования и их обсуждение*

Древостои на ПП представлены чистыми по составу сосняками, лиственные породы отсутствуют. Таксационные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Таксационная характеристика 53-летних культур сосны (состав 10С) на вересково-паловой вырубке**

Вариант опыта	Густота стояния, тыс. шт./га	Средние		Объем среднего дерева, м <sup>3</sup>	Полнота	Запас древостоя, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета
		диаметр, см	высота, м				
Контроль	1,52	10,8±0,37	10,9	0,061	0,6	92	IV,4
К	1,38	12,2±0,65	12,8	0,092	0,7	127	III,5
Р	1,38	12,4±0,59	13,2	0,098	0,8	135	III,4
Н	1,88	13,2±0,36	14,0	0,107	1,0	201	III,0
РК	1,17	14,2±0,71	14,0	0,126	0,8	148	III,0
НК	1,70	14,8±0,48	13,1	0,130	1,2	221	III,4
НР	2,12	15,4±0,37	15,3	0,153	1,4	321	II,6
НРК	1,28	16,5±0,62	14,0	0,160	1,0	205	III,0

По результатам обследования древостоя [8, 9] ежегодное внесение удобрений повысило продуктивность 53-летних культур сосны на 0,7–II,4 класс бонитета. Под влиянием удобрений средние диаметр и высота увеличились соответственно на 13...52 и 17...40 %. При внесении калийных и фосфорных удобрений запас древесины вырос на 38...61 %, азотсодержащих – на 118...249 %. Наибольшее влияние на увеличение продуктивности культур сосны оказали азотсодержащие удобрения [9, 10, 16].

Видовое разнообразие растений исследуемых ПП невысокое. Всего в напочвенном покрове восьми ПП было отмечено 20 видов растений (11 – сосудистые, 5 – мхи, 4 – лишайники). Описание напочвенного покрова ПП приведено в табл. 2.

Наибольшее количество видов (от 11 до 14) выявлено на ПП с внесением азотсодержащих удобрений. Больше разнообразие напочвенного покрова на ПП с внесением азота отмечалось и через 20 лет после начала опыта в предыдущих обследованиях пробного участка [15]. Проективное покрытие видов травяно-кустарничкового яруса на этих ПП невысокое (10...15 %). Покрытие мохово-лишайникового яруса составляет 40...60 %, преобладают зеленые мхи. Также для данных ПП характерно высокое проективное покрытие опада (хвоя, кора, сучья), которое на отдельных площадях достигает 40 %. Наибольшее количество опада отмечено возле групп деревьев или под отдельными крупными соснами.

Таблица 2

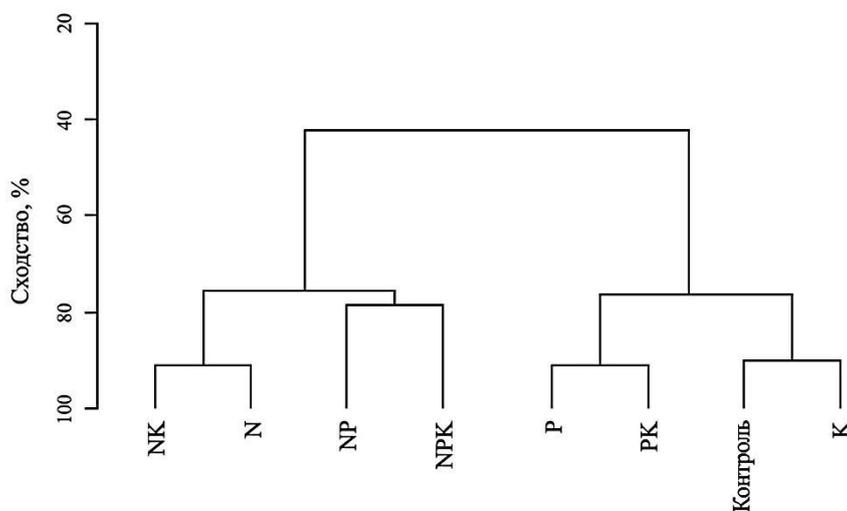
## Видовой состав и проективное покрытие видов напочвенного покрова на ШП

Название вида	Конт- роль	К	Р	N	PK	NK	NP	NPK
<i>Травяно-кустарничковый ярус</i>								
Вереск обыкновенный ( <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull)	2	2	3	–	3	1	+	–
Осока седеющая ( <i>Carex canescens</i> L.)	–	–	–	–	–	–	+	–
Иван-чай узколистый ( <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.)	–	–	–	–	+	–	–	–
Дифазияструм сплюснутый ( <i>Diphysastrum complanatum</i> (L.) Holub)	5	+	–	7	–	3	–	3
Щитовник картузианский ( <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs)	–	–	–	–	–	–	+	2
Водяника черная ( <i>Empetrum nigrum</i> L. s.l.)	1	–	2	–	+	–	–	–
Ожика волосистая ( <i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.)	–	–	–	+	–	–	+	–
Плаун годичный ( <i>Lycopodium annotinum</i> L.)	–	–	–	–	–	–	–	+
Седмичник европейский ( <i>Trientalis europaea</i> L.)	–	–	–	–	–	–	+	+
Черника обыкновенная ( <i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	7	3	12	3	7	1	7	3
Брусника обыкновенная ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	15	15	35	2	15	5	7	2
<i>Мохово-лишайниковый ярус</i>								
Цетрария исландская ( <i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.)	5	5	5	1	5	2	1	1
Кладония лесная ( <i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.)	10	10	12	3	5	1	2	2
Кладония оленья ( <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) F. H. Wigg.)	10	20	12	3	5	2	2	2
Кладония звездчатая ( <i>Cladonia stellaris</i> (Opiz) Pouz. et Vezda)	–	5	–	–	+	–	–	–
Дикранум многоножковый ( <i>Dicranum polysetum</i> Sw.)	5	5	7	3	5	1	3	5
Дикранум метловидный ( <i>Dicranum scoparium</i> Hedw.)	–	–	–	3	–	3	2	5
Гилокомиум блестящий ( <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.)	–	–	–	–	–	+	–	+
Плеурозиум Шребера ( <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.)	60	40	60	20	60	50	45	30
Политрихум можжевельниковый ( <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.)	–	–	2	7	+	1	5	5
<i>Всего видов</i>	10	10	10	11	12	12	14	14

Примечание. Знаком «+» отмечено проективное покрытие менее 1 %. Латинские названия видов сосудистых растений приведены по Конспекту флоры Карелии [3], мхов – по списку видов мхов для Восточной Европы [19], лишайников – по Конспекту лишайников и лишенофильных грибов Республики Карелия [12].

Наименьшее количество видов растений произрастало на контроле и в вариантах опыта с внесением простых и комплексных удобрений, не содержащих азот. Несмотря на то, что на этих ПП видовое разнообразие минимально, здесь наблюдается наибольшее проективное покрытие видов как в целом для напочвенного покрова, так и по ярусам (покрытие мохово-лишайникового яруса – 90 % и выше, травяно-кустарничкового – 20 % и выше).

Сравнение ПП с помощью коэффициента сходства Сьеренсена–Чекановского с учетом проективного покрытия видов напочвенного покрова подтвердило разделение ПП на 2 группы (см. рисунок).



Дендрограмма сходства ПП на основе коэффициента Сьеренсена–Чекановского (метод Варда)

Первая группа объединяет варианты опыта с применением азотсодержащих удобрений и характеризуется крайне низким проективным покрытием брусники (2...5 %). Проективное покрытие кустистых лишайников здесь составляет менее 10 %. Снижение участия лишайников после применения минеральных удобрений, особенно комплексных, отмечено и при обследовании данного пробного участка в 1980-е гг. [15]. Среди мхов преобладает *Pleurozium schreberi*, в напочвенном покрове также участвуют виды рода *Dicranum*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum juniperinum* и *Ptilium crista-castrensis*. Из 9 видов сосудистых растений, отмеченных для данной группы, 5 произрастают только здесь: ожка волосистая, седмичник европейский, плаун годичный, щитовник картузианский и осока седеющая – это мезотрофные виды, относительно требовательные к азоту [22]. Проведенный на ПП почвенный анализ выявил высокое содержание общего азота и углерода в лесной подстилке и минеральной части профиля в вариантах опыта с азотными удобрениями. В некоторых вариантах опыта (N, NP, NPK) среднее содержание общего азота в 2 раза и более выше по сравнению с контролем.

Вторая группа включает контроль и варианты опыта с калийными и фосфорными удобрениями. На этих ПП доля кустарничков (брусника, черника, вереск обыкновенный, водяника черная) и кустистых лишайников выше, чем в первой группе. Травяно-кустарничковый ярус представлен видами с широкой экологической амплитудой (черника, брусника) и олиготрофными видами (водяника, вереск, дифузияструм сплюснутый).

Несмотря на некоторые отличия контроля от других ПП по таксационным и почвенным характеристикам [10] по видовому составу напочвенного покрова и проективному покрытию контрольный участок очень сходен с вариантами опыта с применением калийных и фосфорных удобрений (см. табл. 1). Это позволяет сделать вывод, что через 17 лет после окончания эксперимента даже такое длительное (на протяжении 30 лет) внесение калийных и фосфорных удобрений не оказало заметного влияния на состав и структуру напочвенного покрова.

По данным А.Ф. Чумак [13], проводившей обследование ПП через 14 лет после начала внесения удобрений (возраст культур сосны 20 лет), в вариантах с полным и азотно-калийным удобрениями напочвенный покров был развит слабее (25 и 33 % соответственно) по сравнению с контрольной площадью, что объяснялось интенсивным ростом, сильным развитием крон сосны и увеличением количества опада хвои. В настоящее время также наблюдается относительно низкое проективное покрытие видов напочвенного покрова во всех вариантах с азотсодержащими удобрениями. Снижение участия мхов при дополнительном азотном питании согласуется с данными других исследователей об уменьшении биомассы и проективного покрытия мхов при повышенной концентрации азота в почве [11, 18, 20, 24], что объясняется чувствительностью зеленых мхов к азоту, а также конкуренцией со стороны разрастающихся трав и злаков [21, 23].

В 20-летних культурах сосны, в целом по всему пробному участку, в напочвенном покрове доминировали вереск и брусника. Обследование 53-летних культур показало, что в напочвенном покрове преобладают зеленые мхи, брусника и черника. Уменьшение участия вереска и увеличение доли кустарничков на паловых вырубках по мере роста культур сосны приведено в работе [1].

Таким образом, анализ видового состава напочвенного покрова показал, что сосудистые растения на контроле и ПП с применением калийных и фосфорных удобрений представлены кустарничками с широкой экологической амплитудой (черника, брусника) и олиготрофными видами. Разнообразие видов сосудистых растений и мхов в вариантах с применением азотсодержащих удобрений возрастает по сравнению с контролем и калийно-фосфорными подкормками за счет мезотрофных видов.

Древесный ярус является одним из важных факторов, оказывающих воздействие на структуру напочвенного покрова (соотношение мхов и лишайников, количество опада). Выделенные на основе коэффициента Сьеренсена–Чекановского группы ПП по проективному покрытию (см. рисунок) имеют аналогичное разделение и по таксационным характеристикам.

Показатели полноты и запаса древостоя на контроле и в вариантах с внесением калийных и фосфорных удобрений относительно низкие, сомкнутость крон невысокая. Световой режим на исследованных ПП благоприятствует произрастанию кустистых лишайников, а сравнительно небольшое количество хвойного опада не сдерживает развитие напочвенного покрова в целом. Для этих территорий характерно довольно высокое проективное покрытие лишайников на фоне доминирующих зеленых мхов.

По таксационным характеристикам варианты с внесением азотсодержащих удобрений также сходны по значениям полноты, запаса древостоя и объему среднего дерева (см. табл. 1). Высокополнотный древостой с сомкнутыми кронами изменяет условия освещенности в сторону затенения, что отрицательно сказывается на росте лишайников, при этом большое количество хвойного опада препятствует разрастанию мхов.

Корреляционный анализ зависимости показателей напочвенного покрова от таксационных характеристик древостоя показал, что количество опада наиболее тесно связано с объемом среднего дерева и относительной полнотой (коэффициент корреляции  $r = 0,63$  и  $0,53$  соответственно), с густотой стояния древостоя зависимость гораздо меньше ( $r = 0,26$ ). Между значениями проективного покрытия кустистых лишайников и относительной полнотой выявлена закономерная сильная отрицательная связь ( $r = -0,73^*$ ). Опад оказывает негативное влияние на лишайники ( $r = -0,81^*$ ). Проективное покрытие мхов также отрицательно связано с таксационными показателями древостоя ( $r = -0,30 \dots -0,36$ ) и количеством опада ( $r = -0,73^*$ ).

#### Заключение

Таким образом, доля участия в напочвенном покрове кустистых лишайников, мхов и проективное покрытие опада тесно взаимосвязаны с показателями древостоя: объемом среднего дерева и относительной полнотой, что в свою очередь зависит от использования определенного типа удобрений. Так, азотсодержащие удобрения вызывают увеличение роста культур сосны, что проявляется и в настоящее время. Густой древостой создает неблагоприятные условия произрастания и для кустистых лишайников (через затенение), и для зеленых мхов (через большое количество древесного опада). Такое опосредованное (через древостой) влияние внесенных азотных удобрений сохраняется на протяжении 17 лет после прекращения опыта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова О.И., Кищенко И.Т. Влияние минеральных удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии // Лесн. журн. 2003. № 6. С. 7–15. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Казимиров Н.И., Куликова В.К., Морозова Р.М. Применение удобрений в лесах Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1974. 46 с.
3. Кравченко А.В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 403 с.
4. Кузьмин И.А. Рост сосны и ели на удобренных и обработанных гербицидами площадях // Удобрения и гербициды в лесных питомниках и культурах: сб. науч. тр. Петрозаводск, 1987. С. 81–93.
5. Куликова В.К. Изменение агрохимических свойств почв при внесении минеральных удобрений // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 24–41.
6. Люлькович И.Н. Функциональные изменения в звеньях биологического круговорота в лесных экосистемах после удобрения и рубок ухода: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. 18 с.
7. Матюшкин В.А., Скороходова О.Н. Изменение видового состава и продуктивности напочвенного покрова в сосняках травяно-сфагновых под влиянием проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты: материалы междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2004. С. 230–233.
8. Ронконен Н.И., Куликова В.К. Влияние удобрений на развитие напочвенного покрова // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 42–52.

\* Отмечена достоверность коэффициента корреляции при  $p < 0,05$ .

9. Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А. Влияние многолетнего применения минеральных удобрений на рост сосны в толщину в посевах на паловых вырубках с песчаными почвами. I. Последствие 30-летнего ежегодного применения калийных удобрений на рост сосны в толщину и качество древесины // Лесн. журн. 2016. № 6. С. 42–55. (Изв. высш. учеб. заведений).

10. Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А. Влияние периодического внесения азотных удобрений на качество древесины сосны обыкновенной в культурах // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 75–79.

11. Степаненко И.И. Изменения в живом напочвенном покрове в опытах с минеральными удобрениями в разных типах леса // Лесн. вестн. 2006. № 6. С. 4–12.

12. Фадеева М.А., Голубкова Н.С., Витикайнен О., Ахти Т. Конспект лишайников и лихенофильных грибов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 194 с.

13. Чумак Н.Ф. Микоризы сосны на песчаных почвах в связи с применением удобрений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1981. 25 с.

14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: ЛГУ, 1980. 176 с.

15. Шубин В.И. Влияние удобрений на рост культур сосны на песчаных почвах // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 66–77.

16. Шубин В.И., Гелес И.С., Крутов В.И., Морозова Р.М., Соколов А.И. Повышение производительности культур сосны и ели на вырубках. Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1991. 176 с.

17. Шутов И.В., Маслаков Е.Л., Маркова И.А., Полянский Е.В., Бельков В.П., Гладков Е.Г., Головчанский И.Н., Рябинин Б.Н., Морозов В.А., Шиманский П.С. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны). М.: Лесн. пром-сть, 1984. 248 с.

18. Dirkse G.M., Martakis G.F.P. Effects of Fertilizer on Bryophytes in Swedish Experiments on Forest Fertilization // Biological conservation. 1992. No. 59, iss. 2-3. Pp. 155–161.

19. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Check-List of Mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. Pp. 1–130.

20. Mäkipää R. Sensitivity of Forest-Floor Mosses in Boreal Forests to Nitrogen and Sulphur Deposition // Water, Air and Soil Pollution. 1995. Vol. 85, iss. 3. Pp. 1239–1244.

21. Manninen O.H., Stark S., Kytöviita M.-M., Lampinen L., Tolvanen A. Understorey Plant and Soil Responses to Disturbance and Increased Nitrogen in Boreal Forests // Journal of Vegetation Science. 2009. Vol. 20, iss. 2. Pp. 311–322.

22. Rodenkirchen H. Effects of Acidic Precipitation, Fertilization and Liming on the Ground Vegetation in Coniferous Forests of Southern Germany // Water, Air and Soil Pollution. 1992. Vol. 61, iss. 3-4. Pp. 279–294.

23. Strengbom J., Nordin A., Näsholm N., Ericson L. Slow Recovery of Boreal Forest Ecosystem Following Decreased Nitrogen Input // Functional Ecology. 2001. Vol. 15, iss. 4. Pp. 451–457.

24. Turkington R., John E., Krebs C.J., Dale M.R.T., Nams V.O., Boonstra R., Boutin S., Martin K., Sinclair A.R.E., Smith J.N.M. The Effects of NPK Fertilization for Nine Years on Boreal Forest Vegetation in Northwestern Canada // Journal of Vegetation Science. 1998. Vol. 9, iss. 3. Pp. 333–346.

Поступила 21.05.17

UDC 630\*232.322.4:674.032.475.4

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.18

### The Aftereffects of Long-Term Mineral Fertilization on the Species Composition and the Ground Cover Structure of Pine Crops on Sandy Soils

*N.V. Genikova, Candidate of Biological Sciences, Research Officer*

*V.A. Kharitonov, Research Officer*

Forestry Research Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; e-mail: genikova@krc.karelia.ru, haritonov@krc.karelia.ru

The paper presents the research results of the aftereffect of long-term application of various combinations of mineral fertilizers (simple (nitrogen – N, phosphorus – P, potassium – K), complex (PK, NP, NK, NPK) and control) on the soil cover in pine crops in the Karelian taiga region via 17 years after their application. Sample plots treated with various fertilizers differ in the total number of species, abundance ratios of plant groups (shrubs, mosses, lichens) and the amount of litter. Variants of the experiment with simple potassium and phosphorus fertilizers (without nitrogen) for these characteristics are close to control. We mark the smallest number of plant species of the moss-lichen and grass-dwarf shrub layers, a high projective cover of the species of the ground cover, the lowest value of the relative stand density (0.7...0.8), maximum projective cover of fruticose lichens (25 %) and the minimum amount of litter (12 %). The relative stand density in variants with complex nitrogen and phosphorus fertilizers is 1.0 and higher, while the abundance of lichens is insignificant (12 %), and the amount of litter is 40 %. The effect of nitrogen fertilizers is manifested in an increase in the species diversity of the ground cover due to mesotrophic species. The long-term use of nitrogen fertilizers has increased the growth of pine crops during their application and the aftereffect. A dense stand and a large amount of coniferous litter create unfavorable growth conditions for bushy lichens and green mosses. The effect of introduced nitrogen fertilizers has been observed for 17 years after the experiment.

*Keywords:* mineral fertilizer, pine crop, ground cover, sandy soil.

#### REFERENCES

1. Gavrilova O.I., Kishchenko I.T. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na rost kul'tur sosny obyknovennoy na peschanykh pochvakh yuzhnoy Karelii [Influence of Mineral Fertilizers on Scots Pine Growth on South Karelia Sand Soils]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2003, no. 6, pp. 7–15.
2. Kazimirov N.I., Kulikova V.K., Morozova R.M. *Primenenie udobreniy v lesakh Karelii* [Fertilizers Application in the Forests of Karelia]. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1974. 46 p. (In Russ.)
3. Kravchenko A.V. *Konspekt flory Karelii* [A Compendium of Flora of Karelia]. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2007. 403 p. (In Russ.)
4. Kuz'min I.A. Rost sosny i eli na udobrennykh i obrabotannykh gerbitsidami ploshchadyakh [Pine and Spruce Growth on Fertilized and Herbicide-Treated Areas]. *Udobreniya i gerbitsidy v lesnykh pitomnikakh i kul'turakh: sb. nauch. tr.* [Fertilizers and Herbicides in Forest Nurseries and Crops]. Petrozavodsk, 1987, pp. 81–93. (In Russ.)

---

*For citation:* Genikova N.V., Kharitonov V.A. The Aftereffects of Long-Term Mineral Fertilization on the Species Composition and the Ground Cover Structure of Pine Crops on Sandy Soils. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 1, pp. 18–28. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.18

5. Kulikova V.K. Izmenenie agrokhimicheskikh svoystv pochv pri vnesenii mineral'nykh udobreniy [Change in Agrochemical Properties of Soils when Mineral Fertilization]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe: sb. nauch. tr.* [Improving the Effectiveness of Reforestation Measures in the North]. Petrozavodsk, Karelian Branch of the USSR Acad. Sci. Publ., 1977, pp. 24–41. (In Russ.)

6. Lyul'kovich I.N. *Funktional'nye izmeneniya v zven'yakh biologicheskogo krugovorota v lesnykh ekosistemakh posle udobreniya i rubok ukhoda: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Functional Changes in the Links of the Biological Cycle in Forest Ecosystems after Fertilization and Thinning: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Saint Petersburg, 2005. 18 p.

7. Matyushkin V.A., Skorokhodova O.N. Izmenenie vidovogo sostava i produktivnosti napochvennogo pokrova v sosnyakh travyano-sfagnovykh pod vliyaniem provedeniya kompleksa lesokhozyaystvennykh meropriyatiy [Changes in the Species Composition and Soil Cover Productivity in Grass and Sphagnum Pine Forests under the Influence of a Complex of Forest Management Activities]. *Antropogennaya transformatsiya taezhnykh ekosistem Evropy: ekologicheskie, resursnye i khozyaystvennye aspekty: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Anthropogenic Transformation of Taiga Ecosystems in Europe: Environmental, Resource and Economic Aspects: Proc. Intern. Sci. Practical Conf.]. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2004, pp. 230–233. (In Russ.)

8. Ronkonen N.I., Kulikova V.K. Vliyanie udobreniy na razvitiye napochvennogo pokrova [The Effect of Fertilizers on the Ground Cover Development]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe: sb. nauch. tr.* [Improving the Effectiveness of Reforestation Measures in the North]. Petrozavodsk, Karelian Branch of the USSR Acad. Sci. Publ., 1977, pp. 42–52. (In Russ.)

9. Sokolov A.I., Pekkoev A.N., Kharitonov V.A. Vliyanie mnogoletnego primeneniya mineral'nykh udobreniy na rost sosny v tolshchinu v posevakh na palovykh vyrubkakh s peschanyimi pochvami. I. Posledstvie 30-letnego ezhegodnogo primeneniya kaliynykh udobreniy na rost sosny v tolshchinu i kachestvo drevesiny [The Effect of Long-Term Mineral Fertilizers Treatment on the Pine Diameter Growth and Plantings in the Burnt Clear-Cuts with Sandy Soils. I. The Consequence of the 30-Year Annual Treatment of Potash Fertilizers on the Pine Diameter Growth and Wood Quality]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2016, no. 6, pp. 42–55.

10. Sokolov A.I., Pekkoev A.N., Kharitonov V.A. Vliyanie periodicheskogo vneseniya azotnykh udobreniy na kachestvo drevesiny sosny obyknovennoy v kul'turakh [Effect of Regularly Repeated Applications of Nitrogenous Fertilizers on Timber Quality in Scots Pine Crops]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in Current Natural Sciences], 2016, no. 11, pp. 75–79.

11. Stepanenko I.I. Izmeneniya v zhivom napochvennom pokrove v opytakh s mineral'nymi udobreniyami v raznykh tipakh lesa [The Changes on Plant Community for Experiments with Mineral Fertilizers in Pine Stands of Different Forest Types]. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2006, no. 6, pp. 4–11.

12. Fadeeva M.A., Golubkova N.S., Vitikaynen O., Akhti T. *Konspekt lishaynikov i likhenofil'nykh gribov Respubliki Kareliya* [Compendium of Lichens and Lichenophilic Fungi of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2007. 194 p. (In Russ.)

13. Chumak N.F. *Mikorizy sosny na peschanykh pochvakh v svyazi s primeneniem udobreniy: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Mycorrhiza of Pine on Sandy Soils due to the Application of Fertilizers: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Petrozavodsk, 1981. 25 p.

14. Shmidt V.M. *Statisticheskie metody v sravnitel'noy floristike* [Statistical Methods in Comparative Floristics]. Leningrad, LSU Publ., 1980. 176 p. (In Russ.)

15. Shubin V.I. Vliyanie udobreniy na rost kul'tur sosny na peschanykh pochvakh [The Effect of Fertilizers on the Pine Crops Growth on Sandy Soils]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe: sb. nauch. tr.* [Improving the Efficiency of Reforestation Measures in the North]. Petrozavodsk, Karelian Branch of the USSR Acad. Sci. Publ., 1977, pp. 66–77. (In Russ.)

16. Shubin V.I., Geles I.S., Krutov V.I., Morozova R.M., Sokolov A.I. *Povyshenie proizvoditel'nosti kul'tur sosny i eli na vyрубkakh* [The Increase in Productivity of Pine and Spruce Crops in Felling]. Petrozavodsk, Karelian Branch of the USSR Acad. Sci. Publ., 1991. 176 p. (In Russ.)
17. Shutov I.V., Maslakov E.L., Markova I.A., Polyanskiy' E.V., Bel'kov V.P., Gladkov E.G., Golovchanskiy I.N., Ryabinin B.N., Morozov V.A., Shimanskiy P.S. *Lesnye plantatsii (uskorennoe vyrashchivanie eli i sosny)* [Forest Plantations (Accelerated Cultivation of Spruce and Pine)]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 248 p. (In Russ.)
18. Dirkse G.M., Martakis G.F.P. Effects of Fertilizer on Bryophytes in Swedish Experiments on Forest Fertilization. *Biological conservation*, 1992, no. 59, iss. 2-3, pp. 155–161.
19. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Check-List of Mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*, 2006, vol. 15, pp. 1–130.
20. Mäkipää R. Sensitivity of Forest-Floor Mosses in Boreal Forests to Nitrogen and Sulphur Deposition. *Water, Air and Soil Pollution*, 1995, vol. 85, iss. 3, pp. 1239–1244.
21. Manninen O.H., Stark S., Kytöviita M.-M., Lampinen L., Tolvanen A. Understorey Plant and Soil Responses to Disturbance and Increased Nitrogen in Boreal Forests. *Journal of Vegetation Science*, 2009, vol. 20, iss. 2, pp. 311–322.
22. Rodenkirchen H. Effects of Acidic Precipitation, Fertilization and Liming on the Ground Vegetation in Coniferous Forests of Southern Germany. *Water, Air and Soil Pollution*, 1992, vol. 61, iss. 3-4, pp. 279–294.
23. Strengbom J., Nordin A., Näsholm N., Ericson L. Slow Recovery of Boreal Forest Ecosystem Following Decreased Nitrogen Input. *Functional Ecology*, 2001, vol. 15, iss. 4, pp. 451–457.
24. Turkington R., John E., Krebs C.J., Dale M.R.T., Nams V.O., Boonstra R., Boutin S., Martin K., Sinclair A.R.E., Smith J.N.M. The Effects of NPK Fertilization for Nine Years on Boreal Forest Vegetation in Northwestern Canada. *Journal of Vegetation Science*, 1998, vol. 9, iss. 3, pp. 333–346.

Received on May 21, 2017

---