УДК 631.95
DOI: 10.37482/0536-1036-2020-1-88-98

ИЗМЕНЕНИЕ ГУСТОТЫ И ВИДОВОГО СОСТАВА ПОДРОСТА ПРИ РАЗНОМ УДАЛЕНИИ ОТ «СТЕН» ЛЕСА НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ПЛОЩАДЯХ

П.А. Феклистов*[2]*, д-р с.-х. наук, проф.; *ORCID: 0000-0001-8226-893X*
М.В. Аверина*[1]*, аспирант
И.Н. Болотов*[2]*, д-р биол. наук, директор; *ResearcherID: P-2892-2015, ORCID: 0000-0002-3878-4192*
Б.Ю. Филиппов*[1]*, д-р биол. наук, доц.; *ResearcherID: O-7389-2017, ORCID: 0000-0002-6965-7137*
Д.Н. Клевцов*[1]*, канд. с.-х. наук, доц.; *ORCID: 000-0001-6902-157X*
[1]Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;
e-mail: averina.mariya1990@yandex.ru
[2]Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова РАН, наб. Северной Двины, д. 23, г. Архангельск, Россия, 163000;
e-mail: dirnauka@fciarctic.ru

Работа посвящена изучению изменения густоты и видового разнообразия подроста при разном расстоянии от «стены» леса на постагрогенных землях, а также факторам, влияющим на его распределение по площади. Исследования проведены в средней подзоне тайги в Вельском районе Архангельской области. Подрост изучался на учетных лентах, заложенных параллельно стенам леса и на разном расстоянии от них с интервалом 10 м. Перечеты проводились по породам, категориям высоты и жизненного состояния. Для всех постагрогенных площадей определялся тип пользования, срок неиспользования по назначению, степень задернения и гранулометрический состав почвы. Основными факторами, влияющими на процесс зарастания и дальность распространения подроста, являются срок неиспользования данной площади по назначению (коэффициент корреляции – 0,94) и степень задернения почвы (коэффициент корреляции – 0,54). Чем больше времени прошло с момента прекращения сельскохозяйственной деятельности, тем выше количество подроста и тем он дальше распространяется от стен леса. В случае, если продолжительность неиспользования земли составляет 10 лет, подрост встречается до расстояния 50 м от стены леса, а при продолжительности 20–25 лет он появляется и на расстоянии 90 м. На дальность распространения подроста не влияют такие характеристики поля, как тип пользования, гранулометрический состав почвы. При удалении от стены леса общая густота подроста снижается от 10 000 (0...30 м) до 1 600 шт./га (80...90 м). Для хозяйственно ценных пород, ели и сосны, эти цифры составляют соответственно от 7 533 (10 м от стены леса) до 800 шт./га (90 м от стены леса) и от 2 533 (10 м) до 400 шт./га (90 м от стены леса). Видовой спектр подроста соответствует составу древесной растительности в стенах леса, примыкающих к полям, и включает сосну, ель, березу, ольху, осину. При удалении от стены леса на 30 м осина из породного состава исчезает. Соотношение пород в составе подроста колеблется, но доминирующими породами остаются ель и сосна на разных расстояниях от стен леса.

Для цитирования: Феклистов П.А., Аверина М.В., Болотов И.Н., Филиппов Б.Ю., Клевцов Д.Н. Изменение густоты и видового состава подроста при разном удалении от «стен» леса на постагрогенных площадях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 1. С. 88–98. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-1-88-98
Финансирование: Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова РАН (проект № 0409-2019-0039; № ГР АААА-А18-118011690221-0).

Ключевые слова: подрост, древесные породы, густота подроста, высота подроста, постагрогенные земли.

Введение

За последние 15–20 лет в структуре землепользования России произошли существенные изменения. Значительные территории бывших полей (пашни, сенокосы, выгоны) в связи с закрытием колхозов и совхозов не используются по назначению. Материалы проведенных ранее исследований [4, 6, 7, 9, 11, 15, 17, 21, 22, 24–34] свидетельствуют о том, что после прекращения использования по целевому назначению сельскохозяйственные угодья зарастают травяно-кустарничковой и древесно-кустарниковой растительностью. Основная часть этих работ посвящена изучению факторов, влияющих на состав, густоту формирующихся молодняков, или состоянию уже спелых лесов на данной территории. Лишь несколько работ [5, 10, 18] содержат информацию о том, как изменяется количество и видовой состав подроста при удалении от «стены» леса. Однако эти работы проводились в других регионах, условия которых отличны от Архангельской области.

Цель исследования – изучение густоты и видового разнообразия подроста на разном удалении от стен леса на постагрогенных площадях в средней подзоне тайги, а также факторов, влияющих на этот процесс.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на бывших сельскохозяйственных участках в окрестностях дер. Березово Вельского района Архангельской области. Территория относится к средней подзоне тайги [12]. Участки делились на различные группы: пашни, сенокосы, выгоны-пастбища (в дальнейшем будем условно называть их полями) [14]. Все они примыкали к стене леса. Было изучено 10 полей и получены следующие характеристики: тип пользования, срок неиспользования по сельскохозяйственному назначению, гранулометрический состав почвы (по методике [2]) и степень задернения (по [16]). На каждом поле от кромки леса перпендикулярно его стене закладывались трансекты до того расстояния, где встречалась древесная растительность, через каждые 10 м трансекты – учетные ленты размером 25×2 м, параллельные стене леса. На каждой учетной ленте проводился сплошной перечет всего подроста с учетом методических рекомендаций [13, 16, 23]. В результате были получены данные по видовому составу, густоте и высоте подроста.

На каждом лесном участке, примыкающем к полям в районе трансект, выполнялась таксация в соответствии с методическими рекомендациями Н.П. Анучина [3] и И.И. Гусева [8].

При обработке материалов использовались методы вариационной статистики [20] и корреляционный анализ между качественными и количественными признаками.

Таким образом было обследовано 10 полей и заложено на них 55 учетных лент. Среди сельхозугодий были пашни, сенокосы и выгоны-пастбища, гранулометрический состав почвы которых изменялся от супесчаной до среднесуглинистой с разной степенью задернения (табл. 1). Срок неиспользования сельхозугодий по назначению, взятый из архивных данных, составлял от 10 до 25 лет.

Таблица 1

Количество учетных лент на поле и его характеристики

Номер поля	Коли-чество учетных лент	Тип пользования	Гранулометрический состав почвы	Степень задернения	Срок неиспользования, лет
1	9	Пашня	Среднесуглинистая	Средняя	20
2	3	Сенокос	Суглинистая	Слабая	10
3	3	Сенокос	Среднесуглинистая	Слабая	12
4	9	Сенокос	Среднесуглинистая	Средняя	25
5	4	Сенокос	Супесчаная	Слабая	13
6	4	Сенокос	Супесчаная	Слабая	15
7	3	Выгон	Среднесуглинистая	Средняя	13
8	9	Сенокос	Среднесуглинистая	Средняя	21
9	6	Сенокос	Суглинистая	Сильная	18
10	5	Пашня	Среднесуглинистая	Средняя	15

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение протекания вторичной сукцессии на землях из-под сельскохозяйственного пользования важно, во-первых, для того, чтобы установить, сколько потребуется времени для появления подроста, во-вторых – каков видовой состав подроста, его количество и изменение во времени, т. е. ценность и продуктивность вновь образующихся лесов.

Очевидно, что чем больше времени прошло с момента прекращения сельскохозяйственной деятельности, тем выше вероятность заселения такого поля древесными растениями, но нет ясности о скорости этого процесса. Проведенные нами исследования показали, что, например, после 10 лет неиспользования земли подрост встречается до расстояния 30 м, после 20–25 лет – он появляется и на расстоянии 90 м от стены леса (рис. 1).

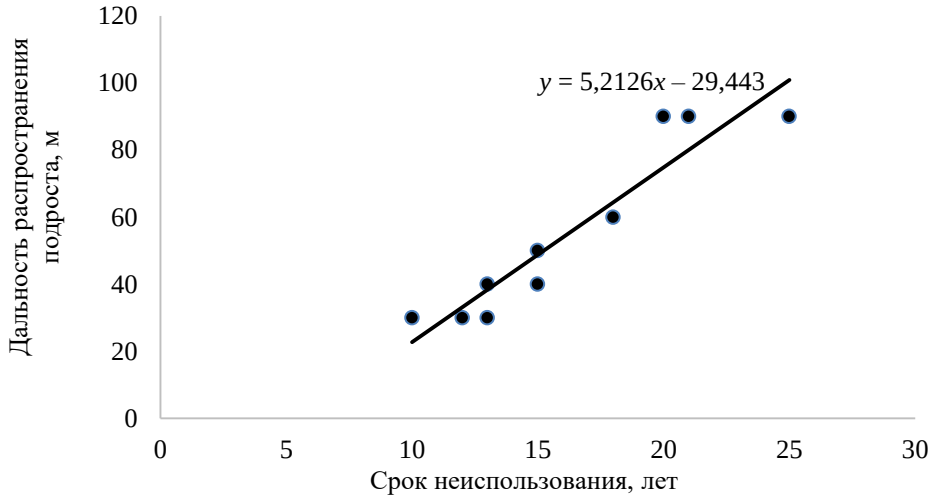


Рис. 1. Зависимость дальности распространения подроста от срока неиспользования сельхозугодий

Fig. 1. Dependence of the undergrowth dispersal distance on the duration of non-use of agricultural lands

Имеющиеся данные позволили определить скорость зарастания полей – отношение дальности распространения подроста на трансекте к сроку неиспользования угодья, которое в среднем составляло 3,3 м в год. Очевидно, что это некая абстрактная величина и для каждой породы она будет своя в зависимости от биологических особенностей видов, условий распространения семян, их приживаемости и т. п., но тем не менее она дает представление о скорости сукцессии.

Корреляционный анализ показал, что тип сельскохозяйственного пользования и гранулометрический состав почвы не влияют на дальность распространения подроста на полях. Коэффициенты корреляции низки и недостоверны (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционный анализ зависимости дальности распространения подроста от характеристик участка

Характеристика участка	Показатель связи		
	r	m_r	t_r
Тип пользования	0,41	±0,261	1,6
Гранулометрический состав	<0,01	±0,316	<0,01
Степень задернения	0,54	±0,024	2,4
Срок неиспользования	0,94	±0,036	26,5

Примечание: Здесь и далее, в табл. 3 и 4, r – коэффициент корреляции; m_r – ошибка коэффициента корреляции; t_r – достоверность коэффициента корреляции; пороговое значение $t_r = 2{,}01$ при $p = 0{,}95$.

Хотя на первый взгляд поля из-под пашни должны бы заселяться быстрее, семена попадают на минерализованную почву. Вероятно, что-то мешает их прорастанию и укоренению проростков. Очень тесная связь дальности распространения подроста наблюдается со сроком неиспользования постагрогенных земель (коэффициент корреляции 0,94), значительная – со степенью задернения (коэффициент корреляции 0,54). Приведенные результаты отчасти согласуются с ранее полученными по Кенозерскому национальному парку [1].

При анализе динамики видового разнообразия и густоты подроста в процессе удаления от стены леса рассмотрено 2 группы полей: первая – 3 поля с давностью неиспользования по назначению 0–25 лет и дальностью распространения подроста до 90 м от стены леса; вторая – 3 поля с давностью неиспользования 10–15 лет и дальностью распространения подроста 50 м.

На полях *первой группы* на любом расстоянии от стены леса весь подрост можно расположить по породам и количеству в следующей последовательности: ведущую роль занимает ель, далее следуют сосна, береза и ольха серая, осина в незначительном количестве отмечалась только на расстоянии 10 и 30 м (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3

Корреляционный анализ зависимости густоты подроста от расстояния до стены леса на полях с давностью неиспользования 20–25 лет

Порода	Показатель связи		
	r	m_r	t_r
Ель	–0,94	0,037	25,4
Сосна	–0,81	0,116	6,9
Береза	–0,85	0,095	8,9
Ольха	–0,60	0,212	2,9

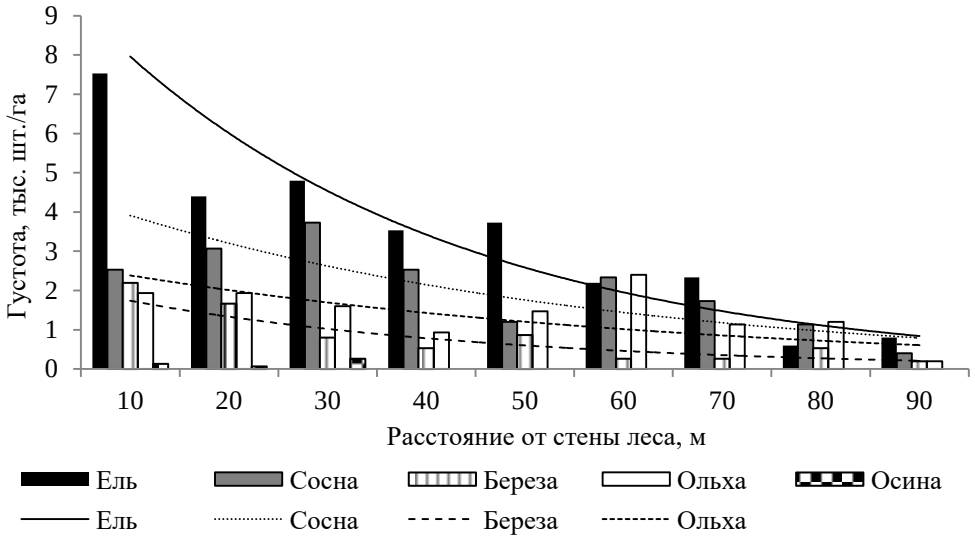


Рис. 2. Изменение густоты подроста при удалении от стены леса на полях с давностью неиспользования по назначению 20–25 лет (ель: $y = 10{,}542e^{-0{,}281x}$; сосна: $y = 4{,}7775e^{-0{,}2x}$; ольха: $y = 2{,}8305e^{-0{,}171x}$; береза: $y = 2{,}2625e^{-0{,}265x}$)

Fig. 2. Change in density of undergrowth when moving away from a forest edge in fields with 20–25 years of non-use as intended (spruce: $y = 10.542e^{-0.281x}$; pine: $y = 4.7775e^{-0.2x}$; alder: $y = 2.8305e^{-0.171x}$; birch: $y = 2.2625e^{-0.265x}$)

Отчетливо просматривается тренд снижения густоты подроста по мере удаления от стены леса для всех пород, кроме осины. В отношении последней трудно сделать какое-либо заключение из-за ее малого количества. Ель снижает густоту от 7 533 до 800 шт./га, сосна – от 2 533 до 400 шт./га, береза – от 2 200 до 200 шт./га, ольха – от 1 933 до 200 шт./га. Соответственно уменьшается и общая густота всех пород по мере удаления от стены леса. Следует заметить, что вблизи стены на расстоянии примерно до 30 м общая густота всех пород доходит до 10 000 шт./га., а на расстоянии 90 м – до 1 600 шт./га, т. е. фактически произошло полное заселение бывших сельхозугодий древесными породами. Количество хвойного подроста довольно высоко и можно предполагать, что в последующем будет сформирован древостой с преобладанием ели и сосны.

При удалении от стены леса изменяется и видовой состав подроста (рис. 2). Соотношение пород в составе подроста на разном удалении от стены леса колеблется. На большей части учетных лент доминирующей породой является ель (за исключением учетных лент, удаленных на 60 м от стены леса, где 3 породы (ель, сосна, ольха) имеют равные доли участия (по 3 ед.), и на 80 м, где доминирует сосна). Коэффициент участия ели в составе колеблется от 2 до 5 ед. Доля участия сосны на разном расстоянии от стены леса составляет 2-3 ед., березы – 1-2 ед., ольхи – 1–3 ед. На расстоянии до 30 м от стены леса в породном составе присутствует осина, ее доля незначительна (ее участие в формуле соответствует лишь показателю +), а при удалении более чем на 30 м она исчезает из породного состава полностью.

Источниками обсеменения заброшенных сельскохозяйственных угодий являлись стены леса, примыкающие к трансектам. Древостои имели состав 5Е4Ос1Олс, 5С3Олс1С1Б, 6Е3Б1Олс+Ос. Отсюда и обсеменение представленными видами и соответствующий этому подрост.

На полях *второй группы* с давностью неиспользования 10–15 лет и дальностью распространения подроста 30 м встречается тот же набор видов подроста, но состав отличается заметно. На 10 м от стены леса средняя формула составляет 5Ол3С1Е1Б, на 20 м – 4Ол3С2Е1Б, на 30 м – 4С3Б2Ол1Е. Бóльшую долю в составе занимает ольха серая. На первый взгляд это кажется странным. Классическими породами-пионерами всегда считались береза, сосна, осина (например, [19]).

Однако можно предположить, что появление ольхи с ее клубеньковыми бактериями на корнях, способными накапливать азот, создает благоприятную среду для последующего естественного возобновления ели. Ведь в первом случае, когда срок неиспользования угодий был 20–25 лет, именно ель явилась доминирующей породой.

Источник обсеменения – стены леса, примыкающие к трансектам, древостои которых имели состав 8С1Б1Олс+Е, 6Б2Е2С+Олс, 5Е4Б1Олс, 3Е2С5Б, 4С4Ос1Олс1Е, 4Е3С2Б1Олс. Отсюда и обсеменение представленными видами и соответствующий этому подрост.

Здесь также отмечается резкое снижение густоты подроста при удалении от стены леса. Такой тренд имеют ольха, сосна, ель, но береза более или менее стабильна на разном расстоянии. Густота подроста здесь ниже, чем в предыдущем случае с большей давностью неиспользования полей. Общее количество подроста снижается от 9 000 шт./га на расстоянии 10 м до 800 шт./га на расстоянии 50 м (рис. 3, табл. 4).

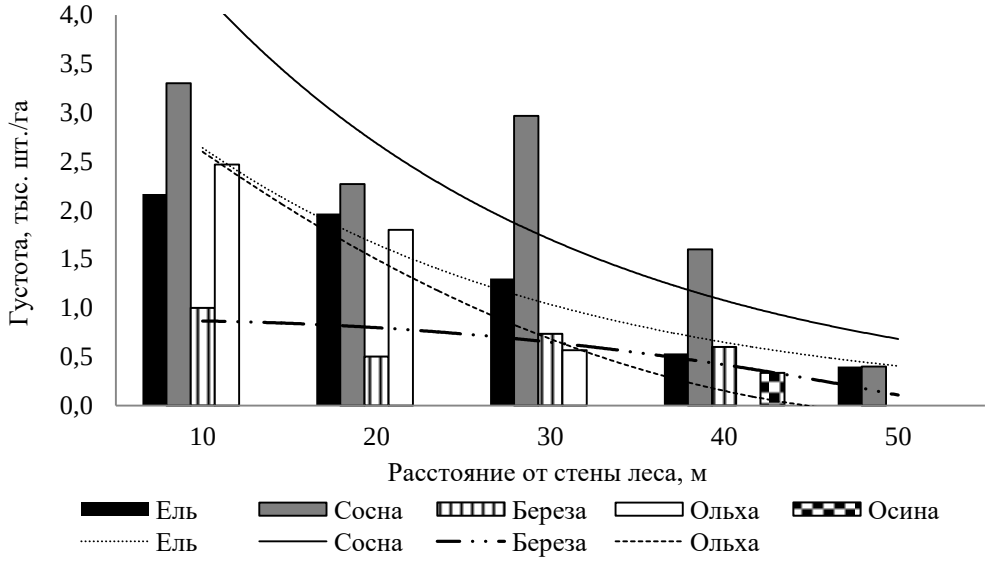


Рис. 3. Изменение густоты подроста при удалении от стены леса на полях с давностью неиспользования по назначению 10–15 лет (ель: $y = 4{,}2147e^{-0{,}468x}$; сосна: $y = 6{,}6946e^{-0{,}457x}$; ольха: $y = 0{,}1429x^2 - 1{,}5305x + 3{,}9867$; береза: $y = -0{,}0405x^2 + 0{,}0529x + 0{,}8533$)

Fig. 3. Change in density of undergrowth when moving away from a forest edge in fields with 10–15 years of non-use as intended (spruce: $y = 4.2147e^{-0.468x}$; pine: $y = 6.6946e^{-0.457x}$; alder: $y = 0.1429x^2 - 1.5305x + 3.9867$; birch: $y = -0.0405x^2 + 0.0529x + 0.8533$)

Таблица 4

Корреляционный анализ зависимости густоты подроста от расстояния до стены леса на полях с давностью неиспользования 10–15 лет

Порода	Показатель связи		
	r	m_r	t_r
Ель	–0,97	0,023	40,7
Сосна	–0,88	0,099	8,9
Береза	–0,60	0,321	1,9
Ольха	–0,99	0,013	75,8

Анализ подроста разных высотных групп показал, что для разных пород характерна одна особенность: преобладает крупный (более 1,5 м) подрост. Участие крупного подроста в составе возобновления наибольшее у лиственных древесных пород (у березы и ольхи соответственно 68 и 65 %), чуть меньше у сосны (61 %) и примерно половина у ели (52 %) (рис. 4). Большое количество крупного подроста на постагрогенных землях свидетельствует о его интенсивном росте, значительно превышающем значения для среднетаежного подрайона [13].

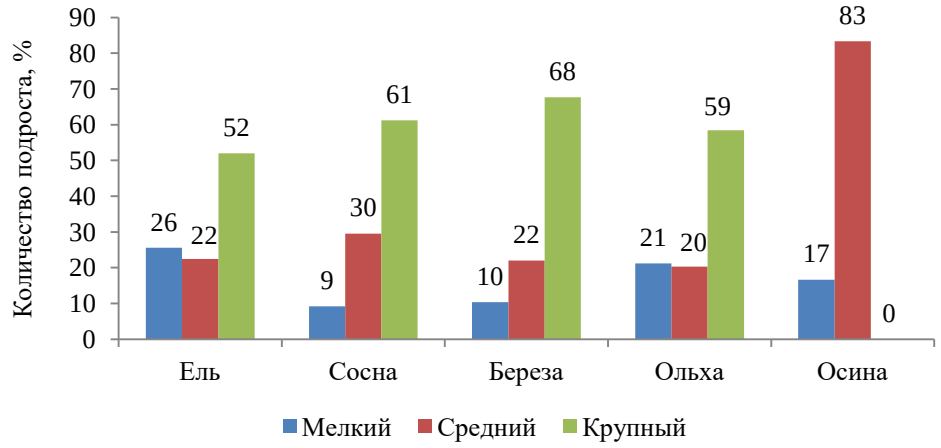


Рис. 4. Участие подроста по породам и категориям высоты

Fig. 4. Undergrowth participation by breeds and height classes

Бывшие сельхозугодья оказались весьма благоприятны для естественного возобновления лесообразующих пород и по темпам роста их подроста.

В отношении размещения подроста разного размера по площади сельхозугодий никаких закономерностей не выявлено для всех пород, за исключением ели. Для нее имеет место отчетливый тренд уменьшения количества мелкого (до 0,5 м) подроста по мере удаления от стены леса и увеличения количества крупного. Эта закономерность кажется странной, семена приносятся ветром от стены леса, и чем ближе к ней, тем больше семян. Однако возникает вопрос, почему на большом удалении от стены леса преобладает крупный подрост ели. Но, как известно, ель имеет поверхностную корневую систему, и, следовательно, у стены леса подрост наверняка испытывает конкуренцию взрослых деревьев, что подавляет его рост. На этот факт обращал внимание еще Г.Ф. Морозов [19].

Выводы

1. Зарастание сельхозугодий происходит со средней скоростью 3,3 м за год.

2. Основными факторами, влияющими на дальность распространения подроста, являются срок неиспользования поля по назначению (коэффициент корреляции – 0,94) и степень задернения почвы (0,54).

3. Общая густота подроста всех пород по мере удаления от стены леса уменьшается от 10 000 шт./га (при 10 м) до 1 600 шт./га (при 90 м); каждая отдельная порода также снижает свою густоту: ель – с 7 533 до 800 шт./га, сосна – с 2 533 до 400 шт./га.

4. Доминирующими породами на разном расстоянии от стен леса являются ель и сосна, однако доля ольхи и березы значительна.

5. Крупный подрост преобладает на разных расстояниях от стен леса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Аверина М.В., Феклистов П.А., Третьяков С.В., Кононов О.Д.* Вторичные сукцессии на землях из-под сельскохозяйственного пользования на территории Кенозерского национального парка // Вестн. КрасГАУ. 2016. № 5. С. 25–32. [Averina M.V., Feklistov P.A., Tretyakov S.V., Kononov O.D. Secondary Successions on the Lands from under Agricultural Use in the Kenozersky National Park Territory. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2016, no. 5, pp. 25–32].

2. *Александрова Л.Н., Найденова О.А.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, 1976. 280 с. [Aleksandrova L.N., Naydenova O.A. *Laboratory and Practical Classes in Soil Science*. Leningrad, Kolos Publ., 1976. 280 p.].

3. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 512 с. [Anuchin N.P. *Forest Inventory*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 512 p.].

4. *Беляев В.В., Кононов О.Д., Карабан А.А. Старицын В.В.* Состояние древесной растительности на землях, выбывших из хозяйственного оборота в Архангельской области // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2013. № 2. С. 5–11. [Belyaev V.V., Kononov O.D., Karaban A.A., Staritsyn V.V. Condition of Woody Plants on the Farmlands Excluded from the Economic Turnover in the Arkhangelsk Region. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2013, no. 2, pp. 5–11].

5. *Вараксин Г.С., Вайс А.А., Байкалов Е.М.* Зарастание древесной растительностью земель сельскохозяйственного назначения // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 5. С. 201–205. [Varaksin G.S., Vais A.A., Baikalov E.M. Agricultural Land Colonization by Tree Vegetation. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2012, no. 5, pp. 201–205].

6. *Войтюк М.М.* Сельские леса, их особенности и продуктивность // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2005. № 5. С. 126–136. [Voityuk M.M. Rural Forests, Their Distinctive Features and Productivity. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2005, no. 5, pp. 126–136].

7. *Гульбе А.Я.* Процесс формирования молодняков древесных пород на залежи в южной тайге (на примере Ярославской области): автореф. дис. … канд. биол. наук. М., 2009. 23 с. [Gul'be A.Ya. *Forming of Tree Species Offspring on Grass Sward in the Southern Taiga (On the Example, Yaroslavl Region)*: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs. Moscow, 2009. 23 p.].

8. *Гусев И.И.* Таксация древостоя. Архангельск: АГТУ, 2000. 71 с. [Gusev I.I. *Inventory of the Forest Stand*. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2000. 71 p.].

9. *Дегтева С.В., Головнева Л.Б.* Особенности сукцессионного ряда луг – серольшанник // Тр. Коми фил. АН СССР. Сыктывкар, 1987. Вып. 82. Экологоценотическое и флористическое изучение фитоценозов Европейского Севера. С. 67–76.

[Degteva S.V., Golovneva L.B. Features of the Meadow – Gray Alder Succession Series. *Trudy Komi filiala AN SSSR*, 1987, iss. 82, pp. 67–76].

10. *Залесов С.В., Магасумова А.Г., Юровских Е.В.* Зарастание бывших сельскохозяйственных угодий в Слободо-Туринском районе Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2009. № 4(34). С. 14–23. [Zalesov S.V., Magasumova A.G., Jurovskih E.V. Regeneration of Former Agricultural Lands Inslobodo-Turinsky District of Sverdlovsk Region. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh*, 2009, no. 4(34), pp. 14–23].

11. *Залесов С.В., Новоселова Н.Н., Абрамова Л.П.* Формирование насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, в условиях средней подзоны тайги Пермской области // Леса Урала и хозяйство в них. 2004. № 25. С. 30–41. [Zalesov S.V. Formation of Stands on the Lands Taken out of Agricultural Use in the Middle Taiga Subzone of Perm Region. *Lesa Urala i khozyaystvo v nikh*, 2004, no. 25, pp. 30–41].

12. *Курнаев С.Ф.* Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с. [Kurnayev S.F. *Forest Vegetation Zoning of the USSR*. Moscow, Nauka Publ., 1973. 203 p.].

13. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР) / Сост.: Г.С. Войнов, Е.Г. Тюрин, И.И. Гусев. Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. 358 с. [*Forest Inventory Guide for the North-East of the European Part of the USSR (Standards for Arkhangelsk and Vologda Regions, and the Komi ASSR)*. Content by G.S. Voynov, E.G. Tyurin, I.I. Gusev. Arkhangelsk, AILiLKh Publ., 1986. 358 p.].

14. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 415 с. [Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavayeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Dynamics of Agricultural Lands of Russia in the 20th Century and Post-Agrogenic Restoration of Vegetation and Soils*. Moscow, GEOS Publ., 2010. 415 p.].

15. *Мелехов В.И., Антонов А.М., Лохов Д.В.* Лесоводственный потенциал неиспользуемых сельскохозяйственных угодий // Вестн. Помор. ун-та. 2011. № 3. С. 62–66. [Melekhov V.I., Antonov A.M., Lokhov D.V. Forestry Potential of Unused Agricultural Lands. *Vestnik Pomorskogo universiteta*. 2011, no. 3, pp. 62–66].

16. *Мелехов И.С.* Лесоведение. М.: МГУЛ, 1999. 398 с. [Melekhov I.S. *Forest Science*. Moscow, MGUL Publ., 1999. 398 p.].

17. *Минин Н.С., Серый И.С.* Анатомическое строение и плотность древесины сосняков, формирующихся на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования // Проблемы лесоведения и лесоводства: материалы Всерос. конф. «Четвертые Мелеховские науч. чтения, посвящ. 105-летию со дня рождения И.С. Мелехова» (Архангельск, 10–12 ноября 2010 г.) Архангельск, 2010. С. 77–80. [Minin N.S., Seryy I.S. The Anatomical Structure and Wood Density of Pine Forests Formed on the Lands Taken out of Agricultural Use. *Proceedings of the All-Russian Conference: The Fourth Melekhov's Scientific Readings Dedicated to the 105th Anniversary of I.S. Melekhov "Issues of Forest Science and Forestry", Arkhangelsk, November 10–12, 2010*. Arkhangelsk, 2010, pp. 77–80].

18. *Морозов А.М., Николаева И.О.* Особенности лесообразовательного процесса на пашне и сенокосе // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. 2013 № 5(103). С. 82–86. [Morozov A.M., Nikolayeva I.O. Features of Forest Regeneration on Arable Lands and Hayfields. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 2013, no. 5(103), pp. 82–86].

19. *Морозов Г.Ф.* Учение о лесе. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 456 с. [Morozov G.F. *The Doctrine of Forest*. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1949. 456 p.].

20. *Никитин К.Е., Швиденко А.З.* Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 273 с. [Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Meth-*

ods and Technique of Forestry Information Processing. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1978. 273 p.]

21. *Новоселова Н.Н.* Формирование лесных насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, в таежной зоне Пермского края: дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2007. 125 с. [Novoselova N.N. *The Formation of Forest Stands on the Lands Taken out of Agricultural Use in the Taiga Zone of the Perm Krai*: Cand. Agric. Sci. Diss. Yekaterinburg, 2007. 125 p.].

22. *Соколов Н.Н.* Рост и продуктивность сосновых древостоев по старым пашням // Изв. вузов. Лесн. журн. 1978. № 4. С. 22–25. [Sokolov N.N. Growth and Productivity of Pine Stands on Old Arable Lands. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 1978, no. 4, pp. 22–25].

23. *Феклистов П.А., Дрожжин Д.П., Гласова Н.В.* Практикум по экологии. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 61 с. [Feklistov P.A., Drozhzhin D.P., Glasova N.V. *Workshop on Ecology*. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2007. 61 p.].

24. *Шиманюк А.П.* Заселение сосной и елью бывших пахотных угодий // Лесн. хоз-во. 1950. № 9. С. 50–52. [Shimanyuk A.P. Colonization of Former Arable Land by Pine and Spruce. *Lesnoye khozyaystvo*, 1950, no. 9, pp. 50–52].

25 Baeten L., Velghe D., Vanhellemont M., De Frenne P., Hermy M., Verheyen K. Early Trajectories of Spontaneous Vegetation Recovery after Intensive Agricultural Land Use. *Restoration Ecology*, 2010, vol. 18, iss. s2, pp. 379–386. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00627.x

26. Bellemare J., Motzkin G., Foster D.R. Legacies of the Agricultural Past in the Forested Present: An Assessment of Historical Land-Use Effects on Rich Mesic Forests. *Journal of Biogeography*, 2002, vol. 29, iss. 10-11, pp. 1401–1420. DOI: 10.1046/j.1365-2699.2002.00762.x

27. Connell J.H., Slatyer R.O. Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. *The American Naturalist*, 1977, vol. 111, no. 982, pp. 1119–1144.

28. Flinn K.M., Vellend M. Recovery of Forest Plant Communities in Post-Agricultural Landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2005, vol. 3, iss. 5, pp. 243–250. DOI: 10.1890/1540-9295(2005)003[0243:ROFPCI]2.0.CO;2

29. Fridley J.D., Wright J.P. Drivers of Secondary Succession Rates across Temperate Latitudes of the Eastern USA: Climate, Soils, and Species Pools. *Oecologia*, 2012, vol. 168, pp. 1069–1077. DOI: 10.1007/s00442-011-2152-4

30. Hedlund K., Santa Regina I., Van der Putten W.H., Lepš J., Díaz T., Korthals G.W. et al. Plant Species Diversity, Plant Biomass and Responses of the Soil Community on Abandoned Land across Europe: Idiosyncrasy or Above-Belowground Time Lags. *Oikos*, 2003, vol. 103, iss. l, pp. 45–58. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2003.12511.x

31. Meiners S.J., Pickett S.T.A., Handel S.N. Probability of Tree Seedling Establishment Changes across a Forest-Old Field Edge Gradient. *American Journal of Botany*, 2002, vol. 89, iss. 3, pp. 466–471. DOI: 10.3732/ajb.89.3.466

32. Stanturf J.A., Schweitzer C.J., Gardiner E.S. Afforestation of Marginal Agricultural Land in the Lower Mississippi River Alluvial Valley, U.S.A. *Silva Fennica*, 1998, vol. 32, no. 3, pp. 281–297. DOI: 10.14214/sf.688

33. Štolcová J. Secondary Succession on an Early Abandoned Field: Vegetation Composition and Production of Biomass. *Plant Protection Science*, 2002, vol. 38, no. 4, pp. 149–154. DOI: 10.17221/4871-PPS

34. Van der Putten W.H., Mortimer S.R., Hedlund K., Van Dijk C., Brown V.K., Lepä J. et. al. Plant Species Diversity as a Driver of Early Succession in Abandoned Fields: A Multi-Site Approach. *Oecologia*, 2000, vol. 124, no. 1, pp. 91–99. DOI: 10.1007/s004420050028

CHANGES IN DENSITY AND SPECIES COMPOSITION OF UNDERGROWTH AT DIFFERENT DISTANCES FROM THE FOREST EDGES IN POSTAGROGENIC AREAS

***P.A. Feklistov*[2]**, *Doctor of Agriculture, Prof.; ORCID: 0000-0001-8226-893X*
***M.V. Averina*[1]**, *Postgraduate Student*
***I.N. Bolotov*[2]**, *Doctor of Biology; ResearcherID: P-2892-2015, ORCID: 0000-0002-3878-4192*
***B.Yu. Filippov*[1]**, *Doctor of Biology, Assoc. Prof.; ResearcherID: O-7389-2017, ORCID: 0000-0002-6965-7137*
***D.N. Klevtsov*[1]**, *Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ORCID: 0000-0001-6902-157X*
[1]Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;
e-mail: averina.mariya1990@yandex.ru
[2]Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: dirnauka@fciarctic.ru

The work is devoted to the study of changes in density and species diversity of undergrowth at different distances from the forest edges on postagrogenic lands, as well as factors affecting the distribution of undergrowth by area. The studies were done in the middle subzone of taiga in the Velsk district of Arkhangelsk region. Undergrowth was studied on tapes laid out parallel to the forest edges and at different distances from them with 10-meter intervals. Enumerations were carried out by breed, height class and living state. The type of use, the period of non-use as intended, the degree of grassing down and the particle-size composition of soil were determined for all postagrogenic areas. The most important deriver affecting the process of overgrowth and range of propagation of undergrowth is the period of non-use of this area for the intended purpose (correlation coefficient is 0.94) and the degree of grassing down (correlation coefficient is 0.54). The more time has passed since the termination of agricultural activity, the higher the quantity of undergrowth and the further it spreads from the forest edges. At 10 years of non-use, the undergrowth occurs up to a distance of 50 m, and already at 20–25 years it appears at a distance of 90 m from the forest edge. The range of propagation of undergrowth from the forest edge is not affected by such characteristics of the field as the type of use and the particle-size composition of soil. The total density of undergrowth decreases at a distance from the forest edge from 10,000 (0–30 m) to 1,600 (80–90 m) pcs/ha. These figures for the economically valuable species, such as spruce and pine, are from 7,533 (10 m from the forest edge) to 800 (90 m from the forest edge) pcs/ha and from 2,533 to 400 pcs/ha, respectively. The species spectrum of undergrowth corresponds to the woody vegetation composition within the forest edges adjacent to the fields and includes pine, spruce, birch, alder, and aspen. Aspen disappears from the species composition with a distance of 30 m from the forest edge. The species ratio in the undergrowth composition varies, however the dominant species are spruce and pine at different distances from the forest edges.

For citation: Feklistov P.A., Averina M.V., Bolotov I.N., Filippov B.Yu., Klevtsov D.N. Changes in Density and Species Composition of Undergrowth at Different Distances from the Forest Edges in Postagrogenic Areas. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 1, pp. 88–98. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-1-88-98
Funding: The studies were carried out within the framework of the state assignment of the Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences (project No. 0409-2019-0039; No. ГР АААА-А18-118011690221-0).

Keywords: undergrowth, tree species, density of undergrowth, height of undergrowth, postagrogenic lands.

Поступила 25.01.19 / Received on January 25, 2019