



**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,  
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,  
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION**

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6>

EDN: CYVYLW

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ  
НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Научная статья

**Дурова А.С.<sup>1,\*</sup>, Гибадуллин Н.Ф.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-7234-920X;<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация<sup>2</sup> Государственное казенное учреждение «Пригородное лесничество», Казань, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (soilbox[at]mail.ru)

Предложена: 03.08.2026; Принята: 18.09.2026; Опубликовано: 19.10.2026

**Аннотация**

В статье представлены результаты исследования закономерностей естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на постагrogenных землях Республики Татарстан. Изучены таксационные показатели и пространственная структура молодняков на трех типах почв: деградированных черноземах (Бугульминский р-н), серых песчаных (Лайшевский р-н) и серых легкосуглинистых (Высокогорский р-н). Установлено, что для всех обследованных участков характерно групповое (контагиозное) распределение подроста с формированием биогрупп. Выявлена закономерность уменьшения густоты подроста по мере удаления от стены материнского древостоя, что обусловлено зонами микроклиматического иссушения и конкуренцией с луговой травянистой растительностью. Сделан вывод о высоком потенциале постагrogenных земель к естественному лесовосстановлению и целесообразности присвоения формирующимся насаждениям статуса полезащитных лесов.

**Ключевые слова:** постагrogenные земли, естественное возобновление, сосна обыкновенная, пространственная структура, коэффициент гомогенности, Республика Татарстан.

**SPECIFICS OF THE DEVELOPMENT AND SPATIAL STRUCTURE OF PINE SAPLINGS ON POSTAGROGENIC  
SOILS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

Research article

**Durova A.S.<sup>1,\*</sup>, Gibadullin N.F.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-7234-920X;<sup>1</sup> Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russian Federation<sup>2</sup> State public institution "Prigorodnoye lesnichestvo", Kazan, Russian Federation

\* Corresponding author (soilbox[at]mail.ru)

Suggested: 03.08.2026; Accepted: 18.09.2026; Published: 19.10.2026

**Abstract**

The article presents the results of a study of the patterns of natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on postagrogenic land in the Republic of Tatarstan. The taxonomic indicators and spatial structure of saplings on three soil types were examined: degraded black soil (Bugulma District), grey sandy soil (Laishevsky District) and grey light loam soil (Vysokogorsky District). It was established that all surveyed plots are characterised by a clustered (contagious) distribution of saplings with the formation of bio-groups. A pattern was identified whereby sapling density decreases with increasing distance from the edge of the parent stand; this is due to zones of microclimatic desiccation and competition with meadow grass vegetation. It was concluded that postagrogenic land has high potential for natural reforestation and that it is appropriate to grant the developing stands the status of field-protection forests.

**Keywords:** postagrogenic land, natural regeneration, Scots pine, spatial structure, homogeneity coefficient, Republic of Tatarstan.

**Введение**

Эффективный выход на управление лесными экосистемами возможен при хорошем знании их структуры, организации и функционирования. Познание всех закономерностей этих параметров наиболее удобно на примере элементарных сообществ, какими являются лесные биогеоценозы.

Одной из важнейших характеристик структурной организации лесов в пределах того или иного географического района, определяющей все остальные их параметры, является спектр типов условий произрастания [10]. Заращение земель древесно-кустарниковой растительностью ведёт к «появлению» значительного объёма лесных ресурсов, которые должны быть приведены в известность и задействованы в лесном деле [15], [16].

Ход восстановительных сукцессий сосны и в целом лесообразовательного процесса определяется взаимодействием постоянно меняющихся эндогенных и экзогенных факторов в условиях постагrogenных почв.

Моделирование лесовосстановительных сукцессий в подобных условиях возможно на основе учёта процессов формирования природной среды [9], [14]. Заращение земель древесно-кустарниковой растительностью ведёт к «появлению» значительного объёма лесных ресурсов, которые должны быть приведены в известность и задействованы в лесном деле [15], [16].

Важно, что в силу органического единства этих двух сторон (состав и структура) оптимизировать те или иные функции насаждения можно лишь, воздействуя на его структуру в самом широком смысле, т. е. не только на состав, но и на характер взаимоотношений между элементами, включая их тесную взаимообусловленность. Различия в структуре основных компонентов биогеоценоза, разная их функциональная выраженность обуславливают неодинаковые определяющие их лесоводственные свойства: продуктивность, хозяйственные функции и устойчивость [17]. В этом ключе и рассмотрим особенности распространения сосны на постагрогенных землях Республики Татарстан. Спектр типов условий произрастания — один из определяющих факторов формирования биогеоценоза [10].

### Методы и принципы исследования

Сосновые молодняки на постагрогенных землях существенно отличаются от древостоев естественного происхождения в регионе исследования по состоянию, росту и дифференциации деревьев, строению, и нуждаются в особых подходах к их изучению [18].

География исследований охватывает три района Татарстана, расположенных в зоне хвойно-широколиственных лесов и лесостепи Восточно-Европейской равнины с умеренно-континентальным климатом и достаточным увлажнением:

1. Бугульминский район (Петровское участковое лесничество) — деградированные черноземы.
2. Лаишевский район (Песчано-Ковалинское лесничество) — серые песчаные почвы.
3. Высокогорский район (п. Берёзка) — серые легкосуглинистые почвы.

Методика исследования включала закладку пробных площадей и детальный учет деревьев проводились по общепринятым лесоводственно-таксационным методикам (ОСТ 56-69–83).

Детальный учёт деревьев проводился на круговых площадках. Сущность метода заключается в закладке круговых учетных площадок размером 10 м<sup>2</sup> (радиус 1,78 м) равномерно по участку без предварительной разметки маршрутных ходов и центров учетных площадок [8]. Предварительная разметка учетных ходов и центров учетных площадок не проводилась, так как количество учетных площадок обеспечивало требуемую точность работ и достоверность получаемых результатов.

Для определения характеристики размещения молодых деревьев по площади рассчитывался статистический показатель коэффициент гомогенности (КГ) [1], [6]. Коэффициент гомогенности (однородности) в лесоводстве и лесной таксации используется для оценки степени пространственного, видового и структурного однородности лесного насаждения. Он позволяет математически обосновать, насколько равномерно деревья распределены по площади, и насколько стабильны их таксационные параметры [5], [7]. В лесоводственных исследованиях он позволяет оценить, насколько равномерно или, наоборот, куртинами подрост распределён на исследуемом участке. Этот показатель напрямую влияет на оценку успешности естественного лесовозобновления. Например, если  $КГ > 1$ , это указывает на биоэкологические особенности конкретной породы, когда деревья растут плотными группами. Подобная информация важна для планирования рубок ухода и оценки шансов молодняка выйти в основной ярус [4].

Для оценки пространственного распределения молодняка рассчитывался коэффициент гомогенности (КГ):  $КГ = \sigma^2 / M^*$ ,

где:  $\sigma^2$  — дисперсия числа экземпляров подростка по площадкам,  $M$  — среднее количество на одной площадке.

По величине коэффициента гомогенности можно сделать выводы о характере распределения подростка:

$КГ < 1$  — распределение случайное, или равномерно-случайное распределение, когда появление всходов не зависит друг от друга (например, у сосны при хорошем обсеменении на песчаных почвах).

$КГ \approx 1$  — распределение регулярное или абсолютно равномерное распределение, характерно для искусственных лесных культур, высаженных по строгой схеме.

$КГ > 1$  — распределение групповое (контагиозное, куртиной) распределение, это растения растут биогруппами, гнездами или скоплениями, что типично для теневыносливых пород, которые успешно возобновляется группами под защитой материнского полога или микрорельефа.

В лесоводстве используется данный коэффициент совместно с показателем встречаемости (процент площадок с наличием подростка) для оценки успешности естественного возобновления древесных пород. На основе этих данных принимается ключевое решение: оставить участок под естественное зарастание, если подрост распределен равномерно, или назначить искусственные посадки, если он распределен редкими группами с большими пустыми окнами [2], [3], [11].

Географическое расположение точек отбора проб охватывает несколько районов Татарстана: Бугульминский, Высокогорский и Лаишевский. Эти территории находятся в зоне хвойно-широколиственных лесов и лесостепной зоне Восточно-Европейской равнины, для которой характерен умеренно-континентальный климат. Рассмотрим особенности климата по районам (Татарская энциклопедия, 2025).

Бугульминский район: климат на территории района умеренно-континентальный, с прохладным и сравнительно влажным летом, умеренно холодной и снежной зимой. Среднегодовая температура воздуха составляет 3,2 °С, средняя январская — -12 °С, средняя июльская — 18,8 °С; абсолютный минимум — -46,7 °С, абсолютный максимум — 36,8 °С. Безморозный период длится 131 день. За год выпадает 528 мм осадков, в том числе в теплый период — 387 мм. Устойчивый снежный покров образуется с середины второй декады ноября, залегает до начала второй декады апреля. Средняя высота снежного покрова — 46 см (24–65 см). Преобладающие направления ветра: в целом за год — юго-

западные (23%) и западные (19,4%), зимой — южные (26,6%) и юго-западные (28%), летом — западные (19,7%) и северо-западные (19,5%).

Высокогорский район: климат района умеренно-континентальный с холодной зимой и теплым, иногда жарким летом. По данным метеостанции города Арск, за период с 1966 по 2004 гг. среднегодовая температура воздуха составила 3,4 °С. В годовом ходе самый холодный месяц — январь со среднемесячной температурой воздуха -12,7 °С, самый теплый — июль со среднемесячной температурой 19,4 °С. Характерными особенностями климата являются быстрое нарастание тепла весной, затяжная осень и большая изменчивость зимних температур. Годовая сумма атмосферных осадков составляет 521 мм, из них в теплый период выпадает 349 мм (67% всего количества). Средняя многолетняя дата образования устойчивого снежного покрова — 16 ноября, дата его схода — 12 апреля. Снежный покров залегает 147 дней, его средняя высота составляет 37 см (с колебаниями по годам — 20–81 см), запас воды — 116,9 мм (58–251 мм). В течение года преобладают ветры западного (15,9%) и юго-западного (20,1%), в январе — южного (19,6%) и юго-западного (22,8%), в июле — северного (16,8%) и северо-восточного (13,8%) направлений.

Лаишевский район: климат района умеренно-континентальный с холодной продолжительной зимой, теплым, иногда жарким летом, поздними весенними и ранними осенними заморозками, а также резкими колебаниями температуры в течение суток и еще большими — в течение месяца. В годовом ходе наиболее холодный месяц — январь со среднемесячной температурой -13,6...-14,8 °С; самый теплый — июль со среднемесячной температурой +18,8...+19,7 °С. Экстремальные температуры наблюдаются в эти же месяцы и соответственно равны -48 °С и +38 °С. Годовая сумма осадков — 610 мм с максимумом в теплый период (370–380 мм) и минимумом в холодный (225–240 мм). Первые заморозки осенью бывают в третьей декаде сентября. Устойчивый переход температуры через 0 к отрицательным значениям происходит в начале второй декады ноября. Устойчивый снежный покров образуется в конце ноября и лежит на протяжении 145–160 дней до середины апреля. Максимальная высота снежного покрова достигает 42 см, средняя высота — 30–35 см, глубина промерзания почвы — 100–120 см.

Климат в районах отбора проб характеризуется умеренно-континентальными условиями с холодной зимой, теплым летом и достаточным увлажнением. Эти условия способствуют формированию богатых почв и разнообразной растительности.

Оценка достоверности различий между выборками проводилась с применением методов дисперсионного анализа (ANOVA) при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## Основные результаты

### 3.1. Сосновые молодняки на постагроденных землях. Бугульминский район

В природном комплексе Бугульминско-Белебеевской возвышенности экологическим каркасом территории служат леса, где большое ландшафтообразующее и эстетическое значение принадлежит соснякам. Присущий им высокий биологический потенциал как средообразующая и природоохранная функция проявляется во всех аспектах, при этом степень его эффективности определяется целиком и полностью состоянием и лесоводственно-таксационными показателями насаждений. Основные участки естественных сосняков возвышенности размещены на юго-восточных склонах в Петровском участковом лесничестве Бугульминского лесничества. Сосняки на фоне широко представленных здесь широколиственных и мелколиственных лесов имеют большое ландшафтообразующее и эстетическое значение, которое проявляется во все большей степени в связи с обострением экологической ситуации, а еще больше — с расширением рекреационной деятельности. Следует отметить, что естественные чистые сосняки встречаются редко; в сложных древостоях они часто образуют микрогруппы [18].

Групповое размещение деревьев, получившее развитие в самом начале лесовозобновительного процесса, нами зафиксировано при зарастании сельскохозяйственных угодий (300 га), исключенных из сельскохозяйственного пользования. Данный участок примыкает с двух сторон к лесному фонду со спелым древостоем с участием сосны. Зарастание лесом поля идет большими пятнами (50×50, 120×100 и 150×130 м с количеством подроста в группах до 20 тыс. шт./га), в которых, начиная с 10 лет, отчетливо проявляются биогруппы сосны. Только разлетом семян или микрорельефом образование биогрупп на отдельных участках при совершенно свободных зонах рядом с ними объяснить трудно.



Рисунок 1 - Био группы молодняка сосны на зарастающем поле на склоновом рельефе  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6.1>

Выигрышным моментом оказалась непосредственная близость такого поля к естественным соснякам. Поле исключено из сельхозпользования, и лесовозобновление идет исключительно сосновым подростом, хотя в составе прилегающего насаждения участвуют береза, липа, клен и единично осина. Площадь поля 300 га (3×1 км), размещение с северо-запада на юго-восток с небольшим уклоном на восток (6–8 градусов). Возникновение подроста произошло спустя 13 лет после обработки полей большими пятнами (50×50, 120×100 и 150×130) с расстоянием между ними до 100 м.

Таблица 1 - Таксационная характеристика возобновления

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6.2>

| Пробная площадь | Порода | Возраст, лет | Высота, м | Диаметр, см | Густота, тыс. экз./га | Встречаемость (т), % | КГ  |
|-----------------|--------|--------------|-----------|-------------|-----------------------|----------------------|-----|
| ПП-1            | Сосна  | 15           | 4,8       | 6,2         | 8,7                   | 54,0                 | 6,7 |
|                 | Береза | 11           | 5,0       | 10,0        | 0,2                   | 10,0                 | 0,1 |
| ПП-2            | Сосна  | 15           | 4,2       | 6,8         | 7,2                   | 68,0                 | 1,4 |
|                 | Береза | 11           | 4,7       | 11,0        | 0,1                   | 11,0                 | 0,5 |

Примечание: Бугульминский р-н

Между ними зарастание сосной идет отдельными экземплярами без видимой системы, с расстоянием между ними до 20–30 м и более. Возраст и тех, и других исчисляется 10–15 годами. Количество подроста в группах достигает 12 тыс. шт./га.

Отметим основное: в очагах возобновления при одинаковом возрасте подроста выявляются лидеры, вокруг которых формируются микрогруппы. Возможно ли сохранение сложившегося статуса деревьев в течение долгой жизни леса — сказать трудно, но сам факт такого явления требует дальнейших исследований. Пока только разлетом семян и микрорельефом это трудно объяснить. Неубедительны также теории об отрицательных геомагнитных полях и биополе самого дерева (Марченко, 1973).

### 3.2. Сосновые молодняки на постагrogenных землях. Лаишевский район (Песчано-Ковалинское п.)

Для сосновых молодняков на постагrogenных серых песчаных почвах в Лаишевском районе количество деревьев сосны фактически в 1,5 раза ниже, чем на бывших постагrogenных почвах Бугульминского района, что связано с более поздним периодом возобновления, а также почвенными факторами. Источником возобновления является материнский спелый древостой сосны, примыкающий к данному участку. Характер размещения деревьев также групповой, однако густота подроста меньше, и сопутствующей берёзы тоже. Однако характер размещения групп имеет большее количество «окон», т. е. незанятых участков, на которых наблюдается значительное количество самосева сосны возрастом до 3 лет. В целом зарастание поля идёт клиновидной линией от стены материнского древостоя и густота уменьшается.

Таблица 2 - Таксационная характеристика возобновления

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6.3>

| Пробная площадь | Порода | Возраст, лет | Высота, м | Диаметр, см | Густота, тыс. экз./га | Встречаемость (т), % | КГ   |
|-----------------|--------|--------------|-----------|-------------|-----------------------|----------------------|------|
| ПП-1            | Сосна  | 11           | 2,8       | 10,0        | 5,1                   | 67,0                 | 4,7  |
|                 | Береза | 11           | 4,6       | 6,1         | 0,1                   | 24,0                 | 0,15 |
| ПП-2            | Сосна  | 12           | 3,2       | 8,8         | 4,2                   | 71,0                 | 2,4  |
|                 | Береза | 11           | 4,1       | 5,6         | 0,1                   | 13,0                 | 0,23 |

*Примечание: Лаишевский р-н*

Рисунок 2 - Участки с естественным возобновлением на пробных площадях на песчаных серых почвах на постагрогенных землях в Лаишевском районе

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6.4>**3.3. Сосновые молодняки на постагрогенных землях в Высокогорском районе (п. Берёзка)**

Для участка молодняков на постагрогенных серых легкосуглинистых почвах в Высокогорском районе количество деревьев сосны больше, чем на серых песчаных, но меньше, чем на постагрогенных чернозёмах. Запас насаждения несколько меньше, чем на постагрогенных почвах Бугульминского района. Однако встречаемость деревьев сосны и берёзы выше. Размещение характеризуется большей площадью самих групп, но между ними имеются большие участки с хорошо развитым злаковым разнотравьем. Количество и встречаемость берёзы самые большие по сравнению с участками на других почвах. Так же, как и на серых песчаных постагрогенных почвах, идёт процесс заселения новым поколением сосны на участках с невысокой сомкнутостью травянистой растительности, но в меньшем количестве.

Таблица 3 - Таксационная характеристика возобновления

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6.5>

| Пробная площадь | Порода | Возраст, лет | Высота, м | Диаметр, см | Густота, тыс. экз./га | Встречаемость (т), % | КГ   |
|-----------------|--------|--------------|-----------|-------------|-----------------------|----------------------|------|
| ПП-1            | Сосна  | 12           | 4,2       | 4,2         | 6,8                   | 77,0                 | 5,3  |
|                 | Береза | 11           | 5,1       | 6,1         | 0,3                   | 21,0                 | 0,55 |
| ПП-2            | Сосна  | 12           | 4,6       | 4,8         | 5,2                   | 65,0                 | 4,4  |
|                 | Береза | 11           | 4,5       | 5,6         | 0,2                   | 23,0                 | 0,43 |

*Примечание: Высокогорский р-н*

В целом необходимо отметить, что, несмотря на разное географическое расположение и генезис постагрогенных почв, в сосновых молодняках происходит дальнейший процесс заселения более молодым поколением сосны, и тем

самым происходит уплотнение древесного ценоза. Характерно для всех обследованных участков постагrogenных земель уменьшение количества подроста сосны с удалением от стены материнского древостоя в сторону прилегающих полей с активным сельскохозяйственным использованием.

Уменьшение количества подроста сосны с удалением от стены леса — это типичная черта постагrogenных сукцессий, отмеченная не только в регионе исследования, но и в ряде работ [13]. Региональной особенностью обследованных участков является непосредственное примыкание к используемым полям и, вероятно, присутствие зоны микроклиматического иссушения рядом с пашней и зоны конкуренции со стороны травянистой растительности луговых сообществ, которые сдерживают расселение сосны от стены леса и материнских деревьев.

### Обсуждение

Несмотря на различия в биометрических показателях (высота, диаметр, запас), во всех районах происходит процесс уплотнения древесного ценоза за счет появления нового поколения мелкого подроста внутри фитоценоза.

Данные наблюдения подтверждаются статистическим анализом. Статистическая обработка биометрических параметров выявила достоверные различия в ростовых процессах сосны обыкновенной на разных типах постагrogenных почв.

На деградированных черноземах (Бугульминский район) зафиксированы максимальные значения продуктивности: средняя густота подроста сосны составила  $M = (8,7 + 7,2) / 2 = 7,95$  тыс. экз./га, а средний запас древесины достиг  $(102 + 92) / 2 = 97$  м<sup>3</sup>/га.

На серых песчаных почвах (Лаишевский район) эти показатели статистически значимо ниже: средняя густота  $M = (5,1 + 4,2) / 2 = 4,65$  тыс. экз./га (снижение на 41,5% по сравнению с черноземами), а средний запас —  $(44 + 40) / 2 = 42$  м<sup>3</sup>/га ( $p < 0,05$ ). Это обусловлено более поздним сроком начала возобновления и ограниченным запасом доступной влаги в песчаном субстрате.

Высокогорский район (серые легкосуглинистые почвы) занял промежуточное положение по густоте ( $M = (6,8 + 5,2) / 2 = 6,0$  тыс. экз./га) и запасу ( $(82 + 61) / 2 = 71,5$  м<sup>3</sup>/га), однако продемонстрировал максимальную среднюю встречаемость сосны ( $\tau = (77,0 + 65,0) / 2 = 71,0\%$ ), что свидетельствует о более равномерном, хотя и менее плотном, покрытии территории.

Дальнейший анализ коэффициента гомогенности (КГ) подтвердил гипотезу о контагиозном (групповом) характере распределения соснового подроста на всех исследованных участках.

Средние значения КГ для сосны составили:

- Бугульминский район:  $(6,7 + 1,4) / 2 = 4,05$ ;
- Лаишевский район:  $(4,7 + 2,4) / 2 = 3,55$ ;
- Высокогорский район:  $(5,3 + 4,4) / 2 = 4,85$ .

Все полученные значения достоверно превышают пороговое значение 1,0, характерное для случайного распределения, что математически обосновывает визуальное наблюдение формирования плотных биогрупп (до 20 тыс. экз./га в очагах). В качестве контрольного показателя был проанализирован характер распределения березы как сопутствующей породы. Средние значения КГ для березы составили:

- Бугульминский район: 0,3;
- Лаишевский район: 0,19;
- Высокогорский район: 0,49.

Поскольку во всех случаях  $КГ < 1$ , это указывает на случайное или близкое к регулярному распределение березы, что свидетельствует о принципиально ином механизме её расселения (анемохория на большие расстояния) и меньшей зависимости от микрорельефа по сравнению с сосной.

Затем был проведен градиентный анализ и определены краевые эффекты. Анализ распределения подроста по трансектам, перпендикулярным стене материнского древостоя, выявил устойчивую отрицательную динамику густоты по мере удаления от лесной опушки.

Таблица 4 - Изменение густоты подроста сосны в зависимости от расстояния от опушки материнского древостоя

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.6.6>

| Район исследования | Тип почвы                 | Пробная площадь | Расстояние от опушки, м | Густота подроста, тыс. экз./га | Снижение густоты, % | Встречаемость, % |
|--------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------|
| Бугульминский      | Деградированные черноземы | ПП-1            | 0–50                    | 8,7                            | —                   | 54,0             |
|                    |                           | ПП-2            | 50–100                  | 7,2                            | 17,2                | 68,0             |
| Лаишевский         | Серые песчаные            | ПП-1            | 0–50                    | 5,1                            | —                   | 67,0             |
|                    |                           | ПП-2            | 50–100                  | 4,2                            | 17,6                | 71,0             |
| Высокогорский      | Серые легкосуглинистые    | ПП-1            | 0–50                    | 6,8                            | —                   | 77,0             |
|                    |                           | ПП-2            | 50–100                  | 5,2                            | 23,5                | 65,0             |



Так, например, в Лаишевском районе густота подроста снижается с 5,1 до 4,2 тыс. экз./га между пробными площадями (падение на 17,6%), расположенными на разном удалении от опушки. В Высокогорском районе аналогичный градиент показывает снижение густоты с 6,8 до 5,2 тыс. экз./га (падение на 23,5%).

Общий коэффициент вариации (Cv) густоты подроста сосны по всем шести пробным площадям составил 26,8% (при среднем значении 6,2 тыс. экз./га и среднеквадратическом отклонении  $\sigma = 1,66$ ), что математически подтверждает наличие выраженного краевого эффекта. Этот тренд обусловлен кумулятивным действием трех факторов: первый — это ограниченный радиус эффективного разлета семян сосны; второй — не менее важный фактор — формирование зон с изменяющимся гидрологическим режимом на границе с открытыми сельскохозяйственными полями (на ряде участков становится суше, что критично для роста многолетних растений в первые годы жизни); третий — ресурсная конкуренция со стороны хорошо развитого травянистого покрова луговых сообществ, которая сильно усложняет укоренение семян и снижает их сохранность в первые годы роста.

Таким образом, статистический анализ доказывает, что, несмотря на различия в почвенно-климатических условиях, пространственная организация формирующихся сосновых молодняков подчиняется единым экологическим закономерностям, характеризующимся групповым размещением ( $KГ > 3,5$ ) и градиентным снижением густоты от материнского древостоя.

### Заключение

1. Формирование сосновых молодняков на постагrogenных почвах Республики Татарстан происходит успешно по типу групповых сукцессий с образованием био групп и микро групп.

2. Таксационные показатели и густота возобновления зависят от почвенных условий: максимальные показатели запаса и густоты отмечены на деградированных черноземах, минимальные — на серых песчаных почвах.

3. Выявлена четкая зависимость густоты подроста от удаленности от материнского древостоя: по мере удаления от лесной стены плотность молодняка снижается из-за конкуренции с луговым разнотравьем и микроклиматического иссушения.

4. В ходе развития древостоев наблюдается смыкание био групп и уплотнение ценоза за счет появления нового поколения подроста внутри групп.

Участкам с успешным естественным возобновлением сосны на постагrogenных землях на уровне Республики Татарстан рекомендуется присваивать статус полезащитных древостоев. Основными лесоводственными мероприятиями на таких объектах должны быть сохранение доли лиственных пород для повышения биологической устойчивости и строгое соблюдение противопожарных мер.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Беляева Н.В. Биологические основы лесного хозяйства: лабораторный практикум для подготовки бакалавра по профессионально-образовательной программе 250300 «Технология и оборудование лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» (ЛИФ) / Н.В. Беляева, О.И. Григорьева. — СПб. : СПбГЛТА, 2008.

2. Беляева Н.В. Влияние проходных рубок на развитие нижних ярусов растительности в сосново-еловых древостоях черничного типа леса / Н.В. Беляева, И.А. Кази // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2013. — № 7. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-prohodnyh-rubok-na-razvitie-nizhnih-yarusov-rastitelnosti-v-sosnovo-elovyh-drevostoyah-chernichnogo-tipa-lesa> (дата обращения: 14.08.26)

3. Беляева Н.В. Особенности естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Приозерском участком лесничестве Ленинградской области / Н.В. Беляева, Т.А. Ищук, М.Б. Фоминых // Journal of Agriculture and Environment. — 2025. — № 9(61). — DOI: 10.60797/JAE.2025.61.6.

4. Беляева Н.В. Зависимость естественного возобновления хвойных пород от типов леса и таксационных показателей материнского древостоя в Орлинском участком лесничестве Ленинградской области / Н.В. Беляева, Т.А. Ищук, М.Б. Фоминых // Лесохозяйственная информация. — 2026. — № 1. — С. 14–24.

5. Лабоха К.В. Лесоводство : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / К.В. Лабоха, Д.В. Шиман. — Минск : БГТУ, 2014. — 440 с.

6. Лежнев Д.В. Методологические основы комплексных исследований лесных фитоценозов / Д.В. Лежнев // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. — 2025. — № 3-4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-osnovy-kompleksnyh-issledovaniy-lesnyh-fitotsenozov> (дата обращения: 23.07.26).

7. Прищепов А.А. Оценка точности методов выборочного учета естественного возобновления леса после проведения рубки главного пользования / А.А. Прищепов, К.В. Лабоха // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. — 2019. — № 1(216). — URL:



<https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tochnosti-metodov-vyborochnogo-ucheta-estestvennogo-vozobnovleniya-lesa-posle-provedeniya-rubki-glavnogo-polzovaniya> (дата обращения: 16.07.26).

8. Пат. 2084129 Российская Федерация, МПК A01G23/00. Способ учёта подроста / Грязькин А.В.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургская лесотехническая академия. — № 94022328/1; заявл. 1994-06-10; опубл. 1996-06-20. — 10 с.

9. Краснобаева К.В. Лесовосстановление на деградированных заброшенных сельскохозяйственных землях / К.В. Краснобаева, А.Р. Мубаракшина // Материалы Всероссийской науч. практ. конф. — Казань, 2005. — С. 127–128.

10. Пуряев А.С. Структура лесов Закамья Республики Татарстан / А.С. Пуряев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. — 2018. — № 4. — С. 12–20.

11. Тулзаков А.Д. Влияние состава материнского древостоя на естественное возобновление хвойных пород в Красноборском лесничестве Ленинградской области / А.Д. Тулзаков // Научное творчество молодежи — лесному комплексу России : мат. XXII Всерос. науч.-техн. конф. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. — С. 318–322.

12. Феклистов П.А. Изменение густоты и видового состава подроста при разном удалении от «Стен» леса на постагrogenных площадях / П.А. Феклистов, М.В. Аверина, И.Н. Болотов и др. // Известия ВУЗов. Лесной журнал. — 2020. — № 1(373). — DOI: 10.37482/0536-1036.

13. Юровских С.В. Густота и надземная фитомасса подроста сосны на бывших сельскохозяйственных угодьях / С.В. Юровских, А.Г. Залесов, А.В. Магасумова и др. // Аграрный вестник Урала. — 2016. — № 11(153). — С. 80–85.

14. Перепечина Ю.И. Оценка лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения в Брянской области / Ю.И. Перепечина, О.И. Глушенков, Р.С. Корсиков // Лесотехнический журнал. — 2015. — № 1. — С. 74–84.

15. Глушко С.Г. Оценка культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Республики Татарстан / С.Г. Глушко, И.Р. Галиуллин, Н.Б. Прохоренко и др. // Лесной вестник. — 2020. — № 6. — С. 26–33.

16. Залесов С.В. Формирование насаждений на землях, вышедших из под сельскохозяйственного использования, в условиях средней подзоны тайги Пермской области / С.В. Залесов, Н.Н. Новоселова, Л.П. Абрамова // Леса Урала и хозяйство в них. — 2004. — № 25. — С. 30–41.

17. Цветков В.Я. Эмерджентизм / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2014. — № 2. — С. 137–138.

18. Гибадуллин Н.Ф. К вопросу изучения зарастающих агроландшафтов Республики Татарстан / Н.Ф. Гибадуллин, А.С. Дурова // Актуальные проблемы лесного комплекса. — 2024. — № 66. — С. 16–19.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Belyaeva N.V. Biologicheskie osnovy lesnogo hozyajstva: Laboratornyj praktikum dlya podgotovki bakalavra po professional'no-obrazovatel'noj programme 250300 «Tekhnologiya i oborudovanie lesozagotovitel'nyh i derevoobrabatyvayushchih proizvodstv» (LIF) [Biological Foundations of Forestry: A Laboratory Practicum for Bachelor's Degree Preparation within the Professional Educational Program 250300 "Technology and Equipment for Logging and Woodworking Industries" (LIF)] / N.V. Belyaeva, O.I. Grigor'eva. — St. Petersburg : SPbGLTA, 2008. [in Russian]

2. Belyaeva N.V. Vliyanie prokhodnikov rubok na razvitie nizhnikh yarusov rastitelnosti v sosново-elovikh drevostoyakh chernichnogo tipa lesa [The Impact of Thinning Cuttings on the Development of Lower Vegetation Layers in Pine-Spruce Stands of the Blueberry Forest Type] / N.V. Belyaeva, I.A. Kazi // Current Problems of the Humanities and Natural Sciences. — 2013. — № 7. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-prohodnyh-rubok-na-razvitie-nizhnih-yarusov-rastitelnosti-v-sosново-elovyh-drevostoyah-chernichnogo-tipa-lesa> (accessed: 14.08.26) [in Russian]

3. Belyaeva N.V. Osobennosti yestestvennogo vozobnovleniya sosni obiknovennoi (*Pinus sylvestris* L.) v Priozerskom uchastkovom lesnichestve Leningradskoi oblasti [Features of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Priozersk district forestry of the Leningrad Region.] / N.V. Belyaeva, T.A. Ishchuk, M.B. Fominikh // Journal of Agriculture and Environment [Journal of Agriculture and Environment]. — 2025. — № 9(61). — DOI: 10.60797/JAE.2025.61.6. [in Russian]

4. Belyaeva N.V. Zavisimost yestestvennogo vozobnovleniya khvoynikh porod ot tipov lesa i taksatsionnikh pokazatelei materinskogo drevostoya v Orlinskom uchastkovom lesnichestve Leningradskoi oblasti [The dependence of natural regeneration of coniferous species on forest types and inventory parameters of the parent stand in the Orlinsky district forestry of the Leningrad Region] / N.V. Belyaeva, T.A. Ishchuk, M.B. Fominikh // Lesokhozyaistvennaya informatsiya [Forest Information]. — 2026. — № 1. — P. 14–24. [in Russian]

5. Labokha K.V. Lesovodstvo [Forestry] : a teaching and methodological guide for students of the specialty 1-75 01 01 "Forestry" / K.V. Labokha, D.V. Shiman. — Minsk : BGTU, 2014. — 440 p. [in Russian]

6. Lezhnev D.V. Metodologicheskie osnovi kompleksnykh issledovaniy lesnikh fitotsenozov [Methodological foundations of comprehensive studies of forest phytocenoses] / D.V. Lezhnev // Ekologicheskii monitoring i modelirovanie ekosistem [Environmental monitoring and ecosystem modeling]. — 2025. — № 3-4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-osnovy-kompleksnyh-issledovaniy-lesnyh-fitotsenozov> (accessed: 23.07.26). [in Russian]

7. Prishchepov A.A. Otsenka tochnosti metodov viborochnogo ucheta yestestvennogo vozobnovleniya lesa posle provedeniya rubki glavnogo polzovaniya [Assessment of the accuracy of methods for sampling the natural regeneration of forests after main-use logging] / A.A. Prishchepov, K.V. Labokha // Trudi BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaistvo, prirodopolzovanie i pererabotka vozobnovlyaemikh resursov [Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, Environmental Management and Processing of Renewable Resources]. — 2019. — № 1(216). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tochnosti-metodov-vyborochnogo-ucheta-estestvennogo-vozobnovleniya-lesa-posle-provedeniya-rubki-glavnogo-polzovaniya> (accessed: 16.07.26). [in Russian]



8. Pat. 2084129 Russian Federation, IPC A01G23/00. Sposob uchyota podrosta [The method of accounting for undergrowth] / Gryazkin A.V.; the applicant and the patentee Saint Petersburg State Forest Technical University. — № 94022328/1; appl. 1994-06-10; publ. 1996-06-20. — 10 p. [in Russian]
9. Krasnobaeva K.V. Lesovosstanovlenie na degradirovannikh zabroshennikh selskokhozyaistvennykh zemlyakh [Reforestation on degraded abandoned agricultural lands] / K.V. Krasnobaeva, A.R. Mubarakshina // Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. — Kazan, 2005. — P. 127–128. [in Russian]
10. Puryaev A.S. Struktura lesov Zakamya Respubliki Tatarstan [The structure of the forests of the Trans-Amur region of the Republic of Tatarstan] / A.S. Puryaev // Lesokhoz. inform [Forestry Information] : electronic online journal. — 2018. — № 4. — P. 12–20. [in Russian]
11. Tulzakov A.D. Vliyanie sostava materinskogo drevostoya na yestestvennoe vozobnovlenie khvoynikh porod v Krasnoborskom lesnichestve Leningradskoi oblasti [The influence of the composition of the maternal stand on the natural renewal of coniferous species in the Krasnoborsky forestry of the Leningrad region] / A.D. Tulzakov // Nauchnoe tvorchestvo molodezhi — lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : mat. of XXII All-Russian Scientific and Technical Conf. — Yekaterinburg : UGLTU, 2026. — P. 318–322. [in Russian]
12. Feklistov P.A. Izmenenie gustoti i vidovogo sostava podrosta pri raznom udalenii ot «Sten» lesa na postagrogennikh ploshchadyakh [Changes in the density and species composition of undergrowth at different distances from the “walls” of the forest in post-agrogenic areas] / P.A. Feklistov, M.V. Averina, I.N. Bolotov et al. // Izvestiya VUZov. Lesnoi zhurnal [Proceedings of Universities. Forestry Journal]. — 2020. — № 1(373). — DOI: 10.37482/0536-1036. [in Russian]
13. Yurovskikh S.V. Gustota i nadzemnaya fitomassa podrosta sosni na bivshikh selskokhozyaistvennykh ugodyakh [Density and above-ground phytomass of pine undergrowth on former agricultural lands] / S.V. Yurovskikh, A.G. Zalesov, A.V. Magasumova et al. // Agrarnii vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. — 2016. — № 11(153). — P. 80–85. [in Russian]
14. Perepechina Yu.I. Otsenka lesov, raspolozhennykh na zemlyakh selskokhozyaistvennogo naznacheniya v Bryanskoi oblasti [Assessment of forests located on agricultural lands in the Bryansk region] / Yu.I. Perepechina, O.I. Glushenkov, R.S. Korsikov // Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Journal]. — 2015. — № 1. — P. 74–84. [in Russian]
15. Glushko S.G. Ocenka kul'tur sosny' oby'knovennoj (Pinus sylvestrisL.) v usloviyax Respubliki Tatarstan [Assessment of Scots pine (Pinus sylvestris L.) plantations under the conditions of the Republic of Tatarstan] / S.G. Glushko, I.R. Galiullin, N.B. Proxorenko et al. // Forestry Bulletin. — 2020. — № 6. — P. 26–33. [in Russian]
16. Zalesov S.V. Formirovanie nasazhdenij na zemlyax, vy'shedshix iz pod sel'skoxozyajstvennogo ispol'zovaniya, v usloviyax srednej podzony' tajgi Permskoj oblasti [Formation of plantations on lands that have been withdrawn from agricultural use in the conditions of the middle subzone of the taiga in the Perm Region] / S.V. Zalesov, N.N. Novoselova, L.P. Abramova // Forests of the Urals and their management. — 2004. — № 25. — P. 30–41. [in Russian]
17. Czvetkov V.Ya. E'merdzhentizm [Emergentism] / V.Ya. Czvetkov // International Journal of Applied and Fundamental Research. — 2014. — № 2. — P. 137–138. [in Russian]
18. Gibadullin N.F. K voprosu izucheniya zarastayushhix agrolandshaftov Respubliki Tatarstan [On the issue of studying overgrown agrolandscapes in the Republic of Tatarstan] / N.F. Gibadullin, A.S. Durova // Current Problems of the Forest Complex. — 2024. — № 66. — P. 16–19. [in Russian]