

УДК 630

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСОВ НА СКЛОНАХ****Каляшов Виталий Анатольевич**

*Кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия  
vit832@yandex.ru*

**Григорьева Ольга Ивановна**

*Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия  
grigoreva\_o@list.ru*

**Григорьев Игорь Владиславович**

*Доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, silver73@inbox.ru*

**Аннотация.** Восстановление лесов на склонах гор и сопок является достаточно сложной задачей, при планировании которой надо учитывать технические ограничения, накладываемые природно-производственными условиями, а также экологические последствия ранее выполненных на них работ. В статье рассмотрены перспективные технологии проведения лесовосстановительных работ на склонах гор и сопок. Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

**Ключевые слова:** лесовосстановление, горные леса, леса на склонах, аэросев, искусственное лесовосстановление.

**PROSPECTIVE OPTIONS FOR REFORESTATION OF SLOPES****Kalyashov Vitalij A.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, vit832@yandex.ru*

**Grigoreva Olga I.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, S.M. Kirov St. Petersburg State Forestry University, St. Petersburg, Russia, grigoreva\_o@list.ru*

**Grigorev Igor V.**

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk Russia, silver73@inbox.ru*

**Abstract.** Reforestation of forests on slopes of mountains and hills is a rather complicated task, when planning which it is necessary to take into account technical limitations imposed by natural-production conditions, as well as environmental consequences of earlier work on them. The article considers promising technologies of reforestation works on mountain and hill slopes. The work was performed within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry

and forestry" of the Arctic State Agrotechnological University. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

**Keywords:** reforestation, mountain forests, forests on slopes, aerial seeding, artificial reforestation.

**Введение.** Чрезмерная экологическая нагрузка на лесные экосистемы горных склонов и сопок, возникающая при проведении лесозаготовительных работ приводит к многочисленным негативным последствиям, включая интенсивное развитие процессов водной и ветровой эрозии, нарушения гидрологического режима водоемов и самих лесов, снижение биологического разнообразия и продуктивности лесов [1, 2].

Особенностями лесов на склонах, влияющими на технику и технологии лесосечных и процессы лесовосстановительных работ, являются: уровень над уровнем моря, крутизна склонов, их расположение относительно солнца и преобладающей розы ветров, сложение почвогрунтов [3-5].

В условиях лесов на горных склонах, и склонах сопок очень важное значение имеет быстрое восстановление леса, которое способствует менее интенсивному развитию перечисленных выше негативных процессов. Для этого можно использовать различные способы искусственного лесовосстановления – посев, посадки сеянцев (саженцев), или содействие естественному лесовосстановлению.

**Материалы и методы исследования.** Материалы данной статьи получены путем анализа данных о современных способах лесовосстановления в различных природно-производственных условиях.

**Результаты.** Содействие своевременному естественному лесовосстановлению вырубок или гарей на склонах для минимизации негативных экологических последствий (процессов водной и ветровой эрозии) является очень важным. Не менее важно, чтобы через оборот рубки, на месте срубленного леса на склоне, появилось не менее ценное по экономическим и экологическим качествам лесное насаждение. В идеале, процесс восстановления леса на склонах должен соответствовать концепции «расширенного лесовосстановления», согласно которой за один оборот рубки должна обеспечиваться возможность получения большего объема древесины, нежели было получено до образования новой сукцессии [6, 7].

При разработке плана лесовосстановления вырубки или гари на склоне надо учитывать его крутизну, экспозицию, высоту над уровнем моря, сложение

почвогрунтов, преобладающую розу ветров. В рассматриваемых условиях важно учитывать вероятность возникновения ветровала.

На вероятность возникновения и масштабы возможного ветровала, объемы вываленной древесины будут влиять все перечисленные выше факторы, а также породный состав лесонасаждения, его способность сопротивляться ветровой нагрузке. Надо учитывать, что в условиях лесов на склонах гор и сопок также возможно ухудшение лесопатологического состояния древостоев из-за ветровала.

Интенсивность нарушений естественного сложения почвенного покрова на склонах зависит от состава древостоя до рубки, срока давности рубки, сезона рубки, применяемой системы машин и технологии и мер содействия естественному возобновлению леса.

В среднем, через 6-7 лет после проведения лесозаготовительных работ начинается восстановление морфологического облика лесных почв.

При проектировании лесовосстановительных работ важно учитывать, что влажность почвы на свежей вырубке, в среднем, в 1,4 и более раза меньше во всех фондах склона, чем в аналогичных условиях в лесу, а запасы воды в корнеобитаемой (30 см) толще ниже, примерно в 1,5 раза, что обусловлено активизацией поверхностного стока [8].

Запасы же воды в почвогрунтах на трассах трелевочных волоков, с высокой плотностью, почти в два раза меньше, чем в лесу. Застой влаги на поверхности приводит в дальнейшем водной эрозии сильно нарушенных почвенных горизонтов.

Посадка сеянцев (саженцев) в условиях вырубки (гари) на склоне, на участках с хорошей скарификацией почвогрунта, возможна без предварительной обработки почвы. Или обработка почвы небольшими площадками различной площади, террасками с использованием средств малой механизации, например, на базе мотоблока (рис. 1) [9]. Такой вариант комбинированного лесовосстановления позволяет обеспечить максимальное приспособление создаваемых насаждений к естественным условиям.



**Рис. 1.** Подготовка почвы агрегатом на базе мотоблока

Свежие вырубki в условиях лесов на склонах, как правило, захламлины и имеют значительное количество пней, что затрудняет работу техники при подготовке почвы. Кроме того, идет либо интенсивный смыв плодородного слоя почвы, либо вырубki захватывают поросль быстрорастущих мягколиственных пород и травяная растительность.

Сплошная корчевка пней в условиях лесов на склонах не приемлема, т.к. это может спровоцировать почвоэрозийные процессы и полностью лишит склоны гумусного горизонта.

Полосная корчевка пней возможна только поперек склона с уклоном не более 8-10°. В результате работы корчевателей частично или полностью удаляются аккумулятивные горизонты почвы, происходит уплотнение верхних слоев почвы и углубление полосы на 5-9 см с удалением верхнего плодородного слоя. Корчевка пней отвалом бульдозера очень энергозатратна и экологически вредна, поскольку при этом потери плодородного слоя составляют около 50% его мощности [10].

При условии проведения механизированной подготовки почвы вырубок или гарей на склонах, плужные борозды должны быть созданы строго поперек склона. При этом может происходить частичный смыв лесной подстилки, а иногда и гумусного горизонта. Плоскостная эрозия почвы бывает выражена только на магистральных трелевочных волоках, которые, как правило, устраиваются вдоль по склону (рис. 2). Магистральные трелевочные волоки и усы лесовозных дорог создают промоины, которые тянутся даже за пределами вырубki, выносят ил и

песок (в зависимости от механического состава почвы) на 5-50 м. Подготовка почвы на склоновых вырубках должна производиться одноотвальными плугами. Отвал борозды укладывается в сторону уклона за один проход и прижимается лемехом [11].

Хороший результат может дать подготовка почвы плугом-фрезой-покровосдирателем. Такой агрегат способен готовить почву строго поперек склона, т.к. он приспособлен легко преодолевать пни любого диаметра. Микроповышений и понижений при таком способе обработки почвы на вырубке не предусмотрено. Такой способ подготовки вырубki или гари к культивированию может использоваться только на свежих вырубках и посадкой крупномерного посадочного материала или посадочного материала с закрытой корневой системой [12, 13].

В нижних частях и подножиях склонов подготовка вырубok (гарей) к искусственному лесовосстановлению может заключаться в нарезке площадок-террас размером 2x2 м. После этого производится посадка или посев. Также может проводиться полосная вспашка по предварительно сделанным террасам, шириной до 3-х м. При ориентации на искусственное лесовосстановление путем создания лесных культур на склонах для каждого условия надо подбирать способ обработки почвы, дающий наиболее высокий результат приживаемости.



**Рис. 2.** Трелевочные волокни на склоне

Весьма перспективным способом искусственного лесовосстановления на склонах является принцип создания групповых культур. Этот вариант дает следующие преимущества: сокращается площадь обработки почвы, и, соответственно, энергозатраты. Не требуется корчевка. Групповые культуры характеризуются высокой продуктивностью и устойчивостью.

Проблемой всех вышеперечисленных вариантов искусственного лесовосстановления является их дороговизна и техническая сложность, связанная с доставкой на вырубку (гары) необходимой техники, а также сложностью эксплуатации, особенно при необходимости работы поперек склона, что является достаточно опасным мероприятием.

Естественное лесовосстановление вырубок (гарей) на склонах не всегда может проходить эффективно, что связано с нарастающими эрозионными процессами, и вероятностью недостатка лесных семян от стен леса или семенников.

Наиболее оптимальным (дешевым и эффективным) вариантом восстановления лесов на склонах, особенно при больших площадях, представляется технология аэросева при помощи специальных беспилотных летающих аппаратов (БПЛА).

Такой вариант лесовосстановления допускается в Правилах лесовосстановления (утвержденных Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 04.12.2020 г. № 1014 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений»). «Искусственное восстановление леса посевом семян допускается на лесных участках со слабым развитием травянистого покрова... На свежих паловых вырубках с супесчаными и хорошо дренированными суглинистыми почвами, на которых огонь вызвал полное прогорание лесной подстилки, возможно проведение искусственного лесовосстановления аэросевом. Оптимальное время аэросева семян хвойных пород - весна (апрель - по снежному покрову, первая и вторая декады мая - непосредственно после таяния снега)». Допустимыми нормами высева семян первого класса сортности при аэросеве считаются: на паловых и кипрейно-паловых вырубках с обнажением поверхности почвы огнем 70-80% - для сосны 1,0, для ели 1,2 кг; на свежих вырубках из-под зеленомошных типов леса с минерализацией почвы более 40% - для сосны 1,5, для ели 1,8 кг на га.

Технология аэросева также применяется в области сельского хозяйства и наибольшую эффективность дает на участках, где затруднено применение наземной техники. Это в первую очередь участки со сложным рельефом и низкой несущей способностью почв. Примером может служить посев на крутых склонах

и ранний посев мелкосемянных холодостойких культур, а также ранневесенняя подкормка озимых культур минеральными гранулированными удобрениями.

Стоимость аэросева значительно ниже других вариантов посева лесных семян на вырубках или гарях, и при этом работы выполняются со значительно большей производительностью [14].

Наиболее перспективным типом БПЛА для посева лесных семян на склонах гор и сопек является многоосный вертолет или «мультикоптер» (рис. 3) [15].

Процесс аэросева обычно разделяется на два этапа. Сначала создается точная карта, для определения оптимальных мест посева каждого семени. Затем производится непосредственно процесс посева по ранее созданной траектории полета.



Рис. 3. Высевающий комплекс на базе БПЛА «мультикоптер»

Аэросев с применением БПЛА часто выполняется семенами в искусственных оболочках (дражированных). Дражирование семян – это операция покрытия семян специальным субстратом, удерживающим влагу и содержащим достаточное количество питательных веществ, стимуляторов и биопрепаратов, необходимых для быстрого прорастания семян и энергичного последующего роста [16].

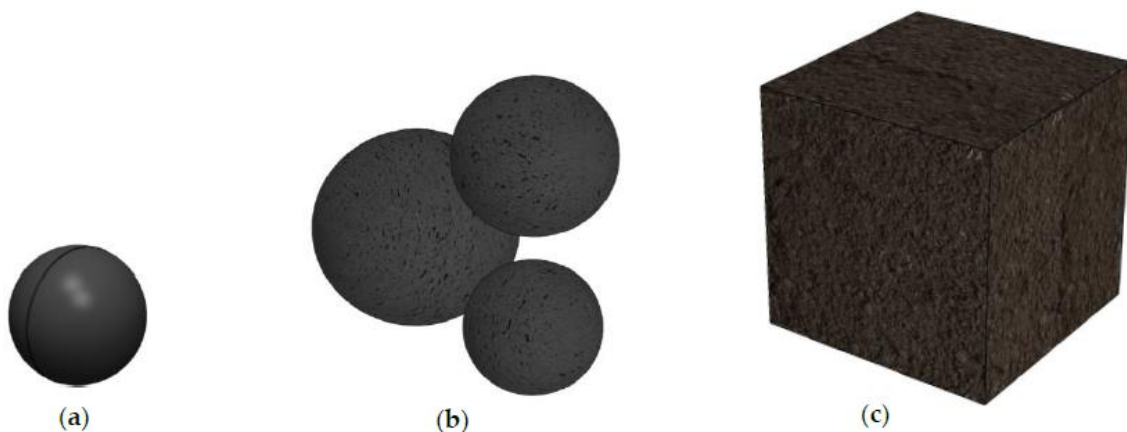
При посеве дражированных семян, выращиваемых растений они оказываются в лучших условиях, чем семена сорных растений. За счет использования в качестве добавок стимуляторы роста, семена лесных пород быстрее прорастают и доминируют над нежелательными травянистыми и древесными растениями.

Высев дражированных семян помогает решать такие проблемы, как заболеваемость и гибель в условиях неблагоприятных почвенно-климатических условиях. При введении дополнительных добавок можно ускорить прорастание семян и улучшить рост сеянцев. Дражирование семян также позволяет обеспечить более точный высев семян с соблюдением расстояний между ними [17-20].

Дражирование выполняется в емкостях типа бетономешалки с различным углом наклона [21, 22]. В качестве целевых добавок используют различные органоминеральные вещества, стимуляторы роста, фунгициды и микроэлементы [23-26].

Преимущества метода дражирования заключаются в защите семян от болезней, снижении расхода средств для химической защиты растений, удобрений и стимуляторов роста, ускорение прорастания семян. Дражированная оболочка, при аросеве, служит для семян хорошей защитой от повреждений при ударе и внедрении в почвенный слой гари или вырубки. Но у этого метода подготовки семян имеются и недостатки такие как, повышенная стоимость семян, со временем семена теряют всх-жесть, так как сквозь оболочку не поступает кислород.

Дражированным семенам придают различную форму (сферические, эллиптические, квадратные), в зависимости типа используемого на БПЛА высевного аппарата (рис. 4), для рассматриваемых условий посева на склонах наиболее подходят квадратные брикетированные семена, так как не подвержены к скатыванию и имеют большую площадь контакта с почвенной поверхностью.



**Рис.4.** Дражированные и брикетированные семена:

- а) Калиброванное сферическое дражированное семя; б) Некалиброванное сферическое или эллиптическое дражированное семя; в) Квадратное брикетированное семя

**Заключение.** Эффективное лесовосстановление вырубок и гарей на склонах является крайне важным мероприятием, поскольку предотвращает возникающие после удаления лесного покрова эрозионные процессы. На успешности лесовосстановительных процессов на склонах отражаются высота над уровнем моря, крутизна и экспозиция склонов, мощность и устойчивость почвогрунтов, преобладающая роза ветров. Из проанализированных вариантов естественного и искусственного лесовосстановления на склонах, как один из наиболее оптимальных, может быть рекомендован вариант аросева квадратными дражированными семенами, при помощи БПЛА типа многоосный вертолет или



«мультикоптер», непосредственно последующей весной или осенью после удаления лесного покрова со склона.

### Список литературы

1. Рябухин П.Б. Новые технологии лесозаготовок на горных лесосеках // *Философия современного природопользования в бассейне реки Амур. материалы VI международной научно-практической конференции.* 2017. С. 14-18.
2. Рябухин П.Б., Рубанов С.Е. Новые технологии на горных лесозаготовках в ДФО // *Философия современного природопользования в бассейне реки Амур. Сборник докладов международного экологического семинара. Под редакцией П. Б. Рябухина.* 2014. С. 73-78.
3. Луценко Е.В., Кравец А.Д., Рябухин П.Б. Эффективные объемы лесозаготовительного производства в условиях горных лесных массивов Дальнего Востока // *Актуальные проблемы лесного комплекса.* 2010. № 25. С. 160-162.
4. Рябухин П.Б., Абузов А.В. Горным лесоразработкам средосберегающее технологическое оборудование // *Лесное хозяйство.* 2008. № 6. С. 36-37.
5. Абузов А.В., Рябухин П.Б. Аэростатный транспорт для горных лесозаготовок в условиях Дальнего Востока. Хабаровск, Издательство: Тихоокеанский государственный университет. 2013. – 199 с.
6. Morkovina S.S., Kunickaya O., Dolmatova L., Markov O., Nguyen V.L., Baranova T., Shadrina S., Grin'Ko O. Comparative analysis of economic aspects of growing seedlings with closed and open root systems: the experience of Russia // *Asian Journal of Water, Environment and Pollution.* 2021. Т. 18. № 2. С. 19-26.
7. Kunickaya O., Tanyukevich V., Khmeleva D., Kulik A., Runova E., Savchenkova V., Voronova A., Lavrov M. Cultivation of the targeted forest plantations // *Journal of Environmental Treatment Techniques.* 2020. Т. 8. № 4. С. 1385-1393.
8. Сабо Е.Д. Изменение плотности почвы на вырубках // *Труды СПбНИИЛХ: Гидромелиорация: наука-производству, СПб., 1996. С. 21-22.*
9. Мясищев Д.Г. Потенциал малой механизации в лесохозяйственных технологических процессах // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал.* 2018. № 1 (361). С. 70-79.
10. Сафин Р.Р., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Разумов Е.Ю. Технология и машины лесовосстановительных работ. Москва, Издательство: Редакция журнала «Деревообрабатывающая промышленность». 2015. – 230 с.
11. Григорьев И.В., Григорьева О.И., Вернер Н.Н. Системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика.* 2017. Т. 5. № 5 (31). С. 438-443.

12. Давтян А.Б., Куницкая О.А., Григорьев М.Ф., Степанова Д.И., Григорьева А.И. Основы повышения эффективности систем машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 56. С. 19-22.
13. Григорьева О.И., Давтян А.Б. Целевое лесовыращивание как основной путь повышения эффективности лесного комплекса России // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 32-33.
14. Lysych M., Bukhtoyarov L., Druchinin D. Design and research sowing devices for aerial sowing of forest seeds with UAVs. *Inventions*. 2021. Т. 6. № 83.
15. Лысыч М.Н., Бухтояров Л.Д., Чернышов В.В., Нагайцев В.М. Обзор современных технологий аэросева лесных культур с применением беспилотных летательных аппаратов // Успехи современного естествознания. 2021. № 10. С. 37-42.
16. Фефелова С.В., Меньших А.М., Янченко А.В. Дражирование семян моркови и свеклы – важный элемент ресурсосберегающих технологий // Картофель и овощи. 2019. № 2. С. 36-38.
17. Михеев Д.А. Расчет сил адгезии связующей жид-кости при дражировании семян // Вестник Бело-русской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2. С. 192-195.
18. Копытков В.В., Коновалов В.Н. Исследования технологии получения дражированных семян с использованием композиционных полимерных препаратов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 4 (352). С. 30-39.
19. Николаев А.И., Иванова Р.И., Шигапов Д.С. Прорастание семян древесных растений в субстратах с применением влагоудерживающих веществ // Лесохозяйственная информация. 2016. № 4. С. 93-101.
20. Копытков В.В., Калашникова Е.А. Технология получения дражированных семян с использованием композиционных полимерных составов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2015. Т. 19. № 6. С. 20-27.
21. Червяков А.В., Курзенков С.В., Михеев Д.А. Способы дражирования семян // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Горки, 2014. С. 67-70.
22. Кухарев О.Н., Гришин Г.Е., Сёмов И.Н. Теоретическое обоснование барабанного дражиратора с вращающимся дном // Нива Поволжья. 2013. № 1 (26). С. 51-55.

23. Кубеев Е.И. Совершенствование протравливания семян в процессе дражирования // Технологии и средства механизации сельского хозяйства. сборник научных трудов. Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет; Научный редактор- Е.И. Давидсон. Санкт-Петербург, 2011. С. 33-40.
24. Кубеев Е.И. Физико-химические свойства компонентов драже-семян // Технологии и средства механизации сельского хозяйства. сборник научных трудов. Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет; Главный редактор- Л.В. Тишкин. Санкт-Петербург, 2010. С. 30-37.
25. Кубеев Е.И. Кинематический режим процесса дражирования // Технологии и средства механизации сельского хозяйства. сборник научных трудов. Редакционная коллегия: Л. В. Тишкин -главный редактор, Б.И. Вагин, Е.И. Давидсон, В.В. Калюга. Санкт-Петербург, 2006. С. 85-87.
26. Грунина А.А., Кузин Д.Р., Климов А.А. Физические методы инкапсулирования // Сборник трудов Международной Научно-Практической Конференции «Взаимодействие науки и общества - как современный механизм развития». Волоколамск, 2021. С. 17-19.

© Каляшов В.А., Григорьева О.И., Григорьев И.В., 2022