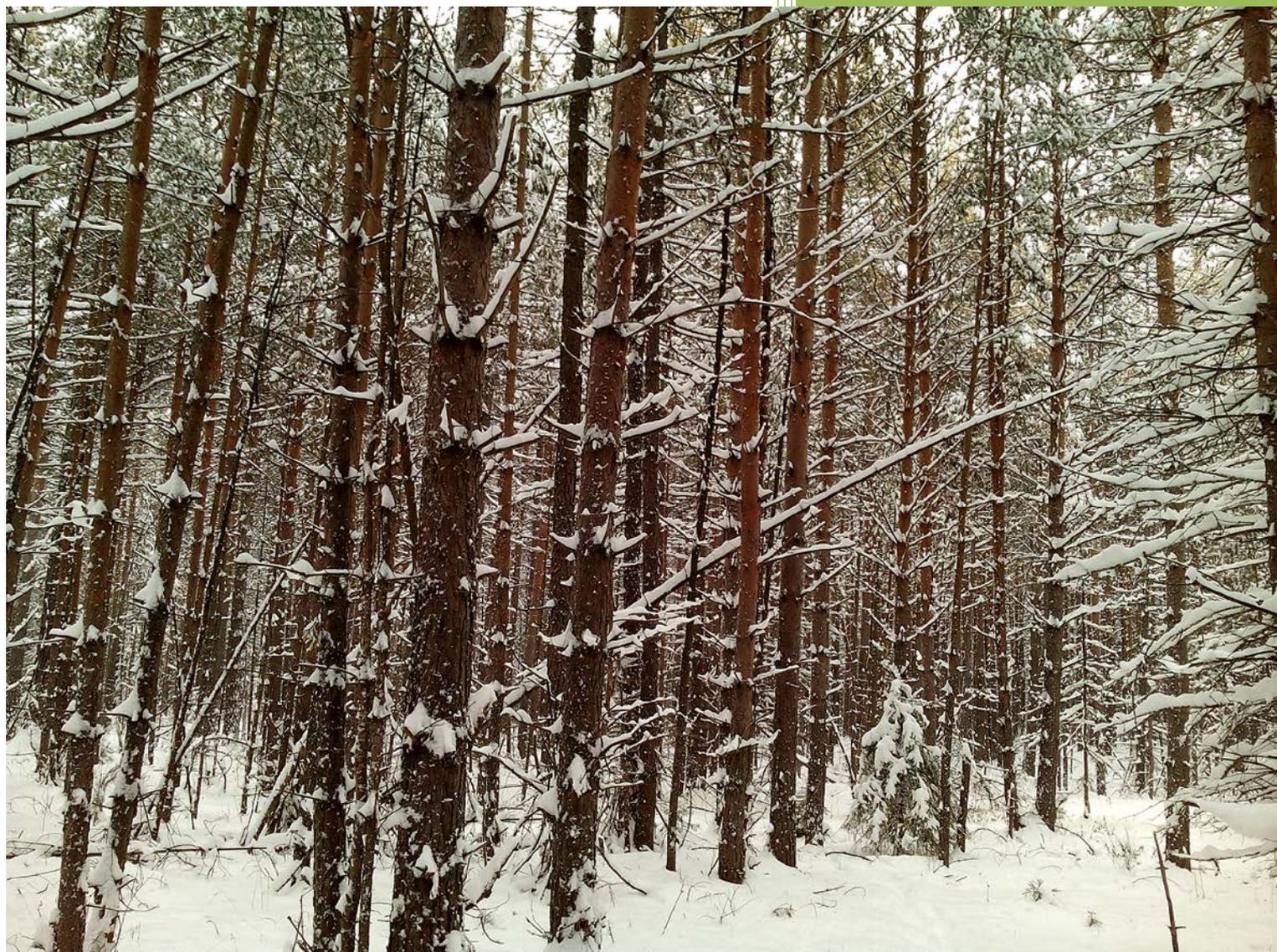


ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ





Редакционный совет:

А.В. Мехренцев – председатель редакционного совета,
главный редактор
Н.А. Луганский – зам. гл. редактора
С.В. Залесов – зам. гл. редактора

Редколлегия:

В.А. Азаренок, В.А. Усольцев, Э.Ф. Герц, А.А. Санников,
Ю.Д. Силуков, В.П. Часовских, А.Ф. Хайретдинов,
Б.Е. Чижов, В.Г. Бурындин, Н.А. Кряжевских –
ученый секретарь

Редакция журнала:

Н.П. Бунькова – зав. редакционно-издательским отделом
Л.А. Белов – ответственный за выпуск
Е.Л. Михайлова – редактор
Т.В. Упорова – компьютерная верстка

Фото на обложке Л.А. Белова

Материалы для публикации подаются ответственному
за выпуск журнала Л.А. Белову
(контактный телефон +79226083904)
или в РИО (контактный телефон +7(343)262-96-10),
e-mail: gio-usfeu@mail.ru

Подписано в печать 19.12.17.
Дата выхода в свет 26.12.2017.
Формат 60 × 84 1/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 8,1. Усл. печ. л. 8,84.
Тираж 100 экз. (1-й завод 50 экз.). Заказ №

ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Отпечатано с готового оригинал-макета
Типография ООО ИЗДАТЕЛЬСТВО
«УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург,
ул. Гагарина, 35а, оф. 2

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет», 2017

К сведению авторов

Внимание! Редакция принимает только те материалы,
которые полностью соответствуют обозначенным ниже требованиям.
Недоукомплектованный пакет материалов не рассматривается.
Плата за публикацию рукописей не взимается.

1. Статьи должны содержать результаты научных исследований, которые
можно использовать в практической работе специалистов лесного хозяйства, ле-
сопромышленного комплекса и смежных с ними отраслей (экономики и органи-
зации лесопользования, лесного машиностроения, охраны окружающей среды и экологии), либо представлять познавательный интерес (исторические материалы, краеведение и др.). Рекомендуемый объем статей – 8–10 страниц текста (не менее 4 страниц). Размер шрифта – 14, интервал – 1,5, гарнитура – Times New Roman, поля – 2,5 см со всех сторон. Абзацный отступ – 1 см.

2. Структура представляемого материала следующая.
Номер УДК определяется в соответствии с классификатором (выравнивание по левому краю, без абзацного отступа).

Заглавие статьи должно быть информативным. В заглавии можно исполь-
зовать только общепринятые сокращения. Все буквы прописные, полужирное начертание (выравнивание по центру, без абзацного отступа).

Сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полужирное начертание), ученая степень, звание; место работы (официальное название организации и почтовый адрес обязательно); электронный адрес, телефон (выравнивание по правому краю).

Ключевые слова (до 10 слов) – это определенные слова из текста, по которым ведется оценка и поиск статьи. В качестве ключевых слов могут использоваться как слова, так и словосочетания.

Аннотация (резюме) должна соответствовать требованиям ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования». Она должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
 - оригинальной;
 - содержательной (отражать основную суть статьи и результаты исследова-
ний);
 - структурированной (следовать логике описания результатов в статье);
 - объемом 200–250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами.
- Аннотация включает следующие аспекты содержания статьи:
- предмет, цель работы;
 - метод или методологию проведения работы;
 - результаты работы;
 - область применения результатов;
 - выводы.

Далее следует на **английском языке** заглавие статьи, сведения об авторах, ключевые слова, аннотация (резюме).

В тексте статьи необходимо выделить заголовки разделов «Введение», «Цель, задача, методика и объекты исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Выводы», «Библиографический список».

Ссылки на литературу, используемую в тексте, обозначаются в **квадратных скобках**, нумерация сквозная, возрастает с единицы по мере упоминания источников.

Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Таблицы представляются в формате Word, формулы – в стандартном редакторе формул Word, структурные химические – в ISIS / Draw или сканированные, диаграммы – в Excel. Иллюстрации представляются в электронном виде в стандартном редакторе формул Word (Вставка – Объект – Создание – Тип объекта MathType 6.0 Equation, в появившемся окне набирается формула). Рекомендуется нумерацию формул также делать сквозной. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Иллюстрации представляются в электронном виде в стандартных графических форматах. Также обязательно переводить названия к иллюстрациям, данные иллюстраций, табличные данные вместе с заголовками непосредственно с показателями и примечаниями, т. е. сначала приводятся таблицы и иллюстрации на русском языке, затем на английском.

Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (на русском и английском языках).

3. На каждую статью требуется одна **внешняя** рецензия. Перед публикацией редакция вправе направлять материалы на дополнительное рецензирование в ведущие НИИ соответствующего профиля по всей России. Внимание! Рецензентом может выступать только доктор наук или член Академии наук!

4. На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение организации, на средства которой проводилась работа, если авторские права принадлежат ей.

5. **Авторы представляют** в редакцию журнала:
- статью в печатном и электронном виде (формат DOC или RTF) в одном экземпляре, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на обороте последнего листа всеми авторами, с указанием даты сдачи материала. Материалы, присланные в полном объеме по электронной почте, дублировать на бумажных носителях не обязательно. Адрес электронной почты – bla1983@yandex.ru (Белов Леонид Александрович);
 - иллюстрации к статье (при наличии);
 - рецензию;
 - авторскую справку или экспертное заключение;
 - согласие на публикацию статьи и персональных данных.
6. Фотографии авторов не требуются.

Содержание

Г.Г. Терехов, И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, Н.А. Луганский, В.И. Крюк, В.М. Скатицев Современное состояние генетико-селекционного комплекса Свердловской области и перспективы его развития	4
В.А. Азарёнок, А.А. Добрачев, В.А. Усольцев, Д.Н. Филиппова К вопросу оптимизации ресурсно-сырьевой и биосферно-стабилизирующей функции	11
А.Е. Осипенко, Я. Коукал, И.А. Панин, Л.А. Иванчина, С.В. Залесов Опыт применения квадрокоптера для создания трехмерной модели лесных насаждений	16
Н.А. Ли, А.С. Попов Оценка успешности рекультивации лесных земель, нарушенных в результате размещения на них точечных и линейных объектов добычи и транспортировки нефти, в условиях ХМАО – Югры	22
Р.Ю. Горшенин, А.С. Попов Оценка состояния полегающих лесных полос на территории Куртамышского района Курганской области	30
К.Е. Завьялов, С.Л. Менщиков, П.У. Мохначев Радиальный прирост опытных культур (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в условиях загрязнения комбинатом «Магнезит» на Южном Урале	41
В.Д. Горбунова, А.К. Махнев Соотношение элементов питания в листьях белых берез вдоль высотного градиента Северного Урала	48
С.К. Стеценко, Е.М. Андреева, Г.Г. Терехов Воздействие стимулятора роста на сосну в начальной стадии онтогенеза при пестицидном загрязнении почвы в лесном питомнике	55
П.Е. Мохначев, С.Г. Махнева, С.Л. Менщиков, К.Е. Завьялов, Н.А. Кузьмина, А.М. Потапенко Особенности развития сеянцев <i>Pinus Silvestris</i> L. в техногенно загрязненных почвах	61
Е.В. Евдокимова Некоторые особенности получения активного осинового угля	67
Е.В. Халимов, Т.В. Штеба, И.К. Гиндулин Древесный уголь из березовой древесины горельников	72

Содержание

G.G. Terekhov, I.A. Freiberg, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky, I. V. Krook, V.M. Skatintsev The modern state of the genetic-selection complex in Sverdlovsk region and prospects of its development	5
V.A. Azarenok, A.A. Dobrachev, V.A. Usoltsev, D.N. Filippova To the question of optimization of resource-raw material and biosphere-stabilizing function	12
A.E. Osipenko, J. Koukal, I.A. Panin, L.A. Ivanchina, S.V. Zalesov The experience of quadruplet using for three dimensional model of forest growing stocus	17
N.A. Li, A.S. Popov, Yu.R. Kasimova The successfullness of recultivation of forest lands which were disturbed by the location of the point-type and line-type objects used for oil extraction and oil transportation in KHMAO – UGRA conditions.	23
R.V. Gorshenin, A.S. Popov, V.N. Lugansky The evaluation of windbreak forest fields conditions in the kurtamish district of the kurgan region	31
K.E. Zavyalov, S.L. Menschikov, P.E. Mokhnachev Radial growth of the experimental cultures (<i>Pinus Sylvéstris</i> L.) In conditions of pollution by the magnezit plant in the Southern Urals	42
V.D. Gorbunova, A.K. Makhnev The ratio of nutrients in the leaves of white birch trees along an altitudinal gradient of the northern Urals	49
S.K. Stetsenko, E.M. Andreeva, G.G. Terekhov The effect of the growth stimulator on pine in the initial stage of ontogenesis at pesticide contamination of soil in the forest nursery	56
P.E. Mokhnachev, S.G. Makhniova, S.L. Menschikov, K.E. Zavyalov, N.A. Kuzmina, A.M. Potapenko Features of development of seedlings of <i>Pinus Silvestris</i> L. In anthropogenic contaminated soils	62
E.V. Evdokimova Some feature of active aspen charcoal making	68
E.V. Khalimov, T.V. Shteba, I.K. Gindulin Charcoal made from birch burnt wood	73

УДК 630*165.3(470.54)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

Г.Г. ТЕРЕХОВ – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом лесоведения Ботанического сада,
e-mail: terekhov_g_g@mail.ru*

И.А. ФРЕЙБЕРГ – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ведущий научный сотрудник отдела лесоведения*

С.В. ЗАЛЕСОВ – проректор, заведующий кафедрой лесоводства,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
e-mail: Zalesov@usfeu.ru**

Н.А. ЛУГАНСКИЙ – профессор кафедры лесоводства,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор**

В.И. КРЮК – профессор кафедры лесных культур и биофизики,
доктор технических наук, профессор**

В.М. СКАТИНЦЕВ – начальник отдела,
Екатеринбургская лесосеменная станция филиала ФБУ «Рослесозащита»,
Екатеринбург, ул. Репина, 88, e-mail: skatinchevvm@rcfh.ru

* ФГБУ Н «Ботанический сад» УрО РАН,
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, тел.: 8(343)322-56-31

** ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Ключевые слова: плюсовые насаждения, лесосеменные плантации, генетические резерваты, маточные плантации, архивы клонов, испытательные культуры.

Приведён анализ современного состояния генетико-селекционного лесосеменного комплекса (ГСК) на территории Свердловской области. Он сформирован производственниками и учёными лесоводами за 37-летний период (1974–2010 гг.) и представлен большим набором объектов на значительных площадях: 1) лесные генетические резерваты (111) общей площадью около 112 тыс. га; 2) плюсовые насаждения (454,2 га); 3) плюсовые деревья (837 шт.); 4) лесные семенные плантации (378,8 га); 5) архивы клонов плюсовых деревьев (13,7 га); 6) маточные плантации (30 га); 7) испытательные культуры (20,7 га); 8) постоянные лесосеменные участки (15,7 га); 9) лесосеменные плантации сосны обыкновенной повышенной генетической ценности (2,5 га); 10) географические культуры сосны обыкновенной (13,2 га). Все необходимые работы на этих объектах до 2008 г. выполняли работники Сысертской лесной производственной семеноводческой станции и специалисты лесхозов. После вступления в действие Лесного кодекса РФ (2007 г.) многие объекты ГСК оказались на арендованных территориях, функции работников лесного хозяйства резко изменились, а штат работников станции сокращён до 0,5 единицы. В последние десять лет уход на объектах ГСК на неарендованных территориях проводили периодически и в минимальных объёмах, на арендованных они вообще не планировались. Большая часть объектов повсюду активно зарастает древесно-кустарниковой растительностью, которая создаёт угрозу существования посаженным деревьям селекционно-семеноводческого назначения.

Для сохранения уникальных природных и антропогенных лесных объектов Свердловской области необходима специализированная структура, которая будет организовывать и осуществлять контроль за работами по повышению эффективности лесного ГСК. Следует провести инвентаризацию всех

объектов ГСК на землях лесного фонда с последующим изъятием из лесопользования, решить вопрос технического обеспечения по заготовке семенного сырья и его переработке, а сбор шишек проводить только на аттестованных лесосеменных плантациях.

THE MODERN STATE OF THE GENETIC-SELECTION COMPLEX IN SVERDLOVSK REGION AND PROSPECTS OF ITS DEVELOPMENT

G.G. TEREKHOV – doctor of the agricultural sciences,
chief of the department of the forestry of the Botanical garden
e-mail: terekhov_g_g@mail.ru*

I.A. FREIBERG – doctor of the agricultural sciences,
professor, the leading scientific worker*

S.V. ZALESOV – prorektor, chief of the forestry chair, doctor
of the agricultural sciences, professor
e-mail: Zalesov@usfeu.ru**

N.A. LUGANSKY – professor of the forestry chair, doctor
of the agricultural sciences, professor**

I.V. KRYUK – professor, department of forest cultures and biophysics,
doctor of technical sciences, professor**

V.M. SKATINTSEV – Yekaterinburg forest-seed station of branch
of the Federal Budgetary Institution “Roslesozashchita”
Yekaterinburg, Repina street, 88
chief of department
e-mail:skatinchevvm@rcfh.ru

* The Botanical garden The Botanical garden of the Urals Branch of RAS,
620144, Russia, Yekaterinburg, 8 Marta Street, 202.

Phone: 8(343)322-56-31

** The Urals State Forest Engineering University,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37

Key words: *plus stands, forest seed plantation, genetic reserves, stumping plantation, archives of clones, testing cultures.*

The analysis of the current state of the genetic selection forest seed complex (GSC) was performed for Sverdlovsk region. It was formed by forest-management workers and forestry scientists over a 37-year period (1974–2010) and is represented by a large number of objects and significant volumes : 1) forest genetic reserves (111 reserves) with a total area of about 112 thousand hectares; 2) plus stands (454.2 ha); 3) plus trees (837 pcs.); 4) forest seed plantations (378.8 ha); 5) archives of clones of plus trees (13.7 ha); 6) stumping plantations (30 ha); 7) test cultures (20.7 ha); 8) permanent forest seed plots (15.7 ha); 9) seed-bearing pine plantations of *Pinus sylvestris* of increased genetic value (2.5 ha); 10) geographical cultures of *Pinus sylvestris* (13.2 ha). All the necessary works at these objects (until 2008 were carried out the employers of the Sysert Forestry Production Seed Station and specialists from the forestries (leskhozes). After the Forest Code of the Russian Federation (2007) came into force, many objects of GSC turned out to be on rented territories, the functions of forestry personnel changed entirely, and the staff of the Station was reduced to 0.5 units. In the past 10 years cleaning cuttings were carried out in the objects of GSC in non-leased areas by chance and in minimum volumes, in rented areas the clean-cuttings were not planned at all. Most of the objects are quickly overgrowing with tree and shrub vegetation everywhere, which creates a threat to the planted trees for selection and seed purposes. To preserve the unique natural and anthropogenic

forest sites of the Sverdlovsk Region, it is necessary a specialized formation, that will organize and control the work of improving the efficiency of forest GSC. To conduct an inventory of all objects of GSC and to take its out of the exploitable forest areas. To solve the matter of technical support for the collection of seed materials and its processing, and collecting cones should be carried out only on certified forest-seed plantations.

Введение

Непрерывное воздействие человека на природную среду, особенно лесную, являющуюся экологическим стабилизатором, ведет к её трансформации. При бесконтрольной эксплуатации лесных ресурсов происходит сокращение видового и формового разнообразия древесной, кустарниковой растительности и живого напочвенного покрова [1–3]. Утрата отдельных видов и снижение генетического потенциала природных лесных популяций может привести к необратимым последствиям, т.е. ослаблению устойчивости и продуктивности последующих поколений. Сохранение генетического фонда лесных растений, как базы для лесной генетики, селекции и семеноводства, является ведущим фактором повышения устойчивости и продуктивности лесов и обогащения их качественного состава. Создание высокопроизводительных лесов возможно лишь материалом, обладающим ценными наследственными признаками, выявленными лесной селекцией, которая является одним из наиболее важных путей в деле лесного семеноводства, обеспечивающего массовое получение семян лесных древесных пород с высокими наследственными качествами.

Стабильное получение семенного и вегетативного материала может обеспечить только

постоянная лесосеменная база. Первые шаги по ее созданию были проведены около 50 лет назад во многих лесхозах (ныне лесничествах) в Свердловской области. С целью реализации проектов, разработанных «Росгипролесом», по созданию постоянной лесосеменной базы основных лесообразующих пород в 1974 г. образована Сысертская производственная семеноводческая станция, которую возглавил и бессменно проработал в ней до конца своей жизни Ю.В. Лебедев [4]. Сотрудниками этой станции совместно с уральскими учеными и работниками лесхозов (лесничеств) была проведена огромная работа по селекционной оценке естественных высокобонитетных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour.), лиственницы Сукачёва (*Larix Sukaczewii* Djalil.), берёзы (*Betula pendula* Roth.) и осины (*Populus tremula* L.), кроме того, создана огромная лесосеменная база на территории Свердловской области.

Цель и методы исследования

Цель данной работы – на территории Свердловской области провести анализ современного состояния лесного генетико-селекционного комплекса (ЛГСК)

в новых условиях существования лесного хозяйства, т.е. после введение в действие Лесного кодекса РФ [5], определить пути совершенствования в функционировании ЛГСК. В работе использованы ведомственные и литературные обзоры, а также визуальный осмотр большей части ЛГСК.

Результаты исследований

С начала 70-х годов XX в. в лесном фонде Свердловской области выявлено и выделено в натуре 111 лесных генетических резерватов (ЛГР) общей площадью около 112 тыс. га [6]. Каждый из них представляет цельный лесной массив площадью от 295 до 5242 га. Более половины (69) ЛГР находится в хвойных насаждениях, одна треть – в смешанных хвойно-лиственных насаждениях и значительно менее (8 объектов) – в лиственных [7]. Основная цель выделения ЛГР – сохранение биоразнообразия, а также выделение в них объектов лесного семеноводства для получения селекционного семенного и вегетативного материала с плюсовых деревьев или насаждений, находящихся внутри ЛГР. Но, к сожалению, работа по оформлению некоторых ЛГР в категорию особо охраняемых природных территорий на была доведена до конца и выделенные участки не были изъяты из лесопользования.

В.А. Лебедев [8], оценивавший антропогенное влияние на древостой в 111 ЛГР по спутниковым снимкам, установил, «что следы поврежденности более 20% территории наблюдаются у 54 ЛГР, поврежденности 10–20% территории – у 25 ЛГР, поврежденности

5–10% территории – у 6 ЛГР и поврежденности 0–5% – у 21 ЛГР. В отдельных случаях поврежденности древостоям нанесены сплошными рубками и составляют более 50% площади резервата». Внутри генетических резерватов на территории области вы-

делены плюсовые насаждения общей площадью 454,2 га (таблица). На сегодняшний день это самые высокопроизводительные высококачественные насаждения, устойчивые к болезням и вредителям в данных условиях. Некоторые из них также оказались

Объекты лесного семеноводства
Objects of forest seed farming

№ п/п	Категория объекта Category of the object	Площадь (порода, га или шт.) Area (tree species, ha or pcs)	Состояние объекта, планируемые мероприятия State of object, planned measures
1	Плюсовые насаждения Stands of high productivity (plus stands)	454,2	Требуется инвентаризация участков Inventory of plots is required
2	Плюсовые деревья Trees of particular qualities (plus trees)	837 шт. 837 pcs	Необходима санитарная оценка A sanitary valuation is necessary
3	Лесосеменные плантации Forest seed plantations	378,8 (С-323,1; Лц-12,7; К-15; Е-28) (Pinus silvestris – 323,1; Larix Sukachovii – 12,7; –15; –28)	На всех участках возобновились хвойные и лиственные породы, на большинстве срочно требуются рубки ухода Coniferous and deciduous species regenerated in all plots, most of them required urgently cuttings
4	Лесосеменные плантации повышенной генетической ценности Forest seed plantations of increased genetic value	2,5 (С-2,5) (– 2,5)	Массовая гибель сосны от возобновившейся осины. Необходима сплошная рубка осины The mass death of Pinus silvestris from resumption of aspen. Continuous felling of aspen needs
5	Аттестованные лесосеменные плантации Certified forest seed plantation	254,5 (С-234,5; Е-10; К-10) (Pinus silvestris – 234,5; Picea obovata – 10; Pinus sibirica – 10)	Требуется инвентаризация и уход на отдельных участках Inventory and cleaning cuttings are required in certain areas
6	Архивы клонов плюсовых деревьев Archives of clones of plus trees	13,7	Требуется уход на отдельных участках Cleaning cuttings are necessary in certain plots
7	Маточные плантации Cloning plantations	30,0	На участках необходимы рубки ухода Cleaning cutting is necessary on the plots
8	Испытательные культуры Test cultures	20,7 (С-20,1; Е-0,6) (Pinus silvestris – 20,1; Picea obovata – 0,6)	На небольшой части участков срочно необходимы рубки ухода A small part of plots need urgent cleaning cutting
9	Географические культуры Geographical cultures	13,2 (С-13,2) (Pinus silvestris – 13,2)	Состояние удовлетворительное, сухие деревья и самосев подлежат удалению State is satisfactory, dead standing and self-seeding trees are to be removed
10	Постоянные лесосеменные участки Stationary forest-seed plantations	15,7	Необходима инвентаризация состояния и рубки ухода за сосной и кедром An inventory of the state and cleaning cutting for Pinus silvestris and Pinus sibirica are required

на арендованных участках. Есть случаи включения их в план рубок, но пока до этого не дошло.

Основой для селекционной работы являются плюсовые деревья (837 шт.) сосны, ели, кедра и лиственницы. Они значительно превосходят по хозяйственно ценным признакам и свойствам окружающие деревья в насаждении (в первую очередь по высокой продуктивности ствольной древесины, хорошей очищаемости от сучьев, отсутствию признаков болезней). К сожалению, часть этих очень ценных деревьев также находится на арендованных участках, где никаких лесоводственных мероприятий по поддержанию их статуса не проводят. По разным причинам около 50 плюсовых деревьев к настоящему времени потеряно и списано. На участках аренды необходимо изъять из лесопользования лесотаксационные выделы с плюсовыми деревьями. Все эти естественные уникальные селекционные объекты могут и дальше служить источниками массового получения ценных семян и черенков (прививочный материал) при закладке искусственных насаждений – лесосеменных плантаций (ЛСП), предназначенных для массовой заготовки ценных семян.

На территории области заложены ЛСП сосны обыкновенной, сосны кедровой сибирской, ели сибирской, лиственницы Сукачёва общей площадью 378,8 га, по площади преобладает сосна обыкновенная. Подавляющее количество ЛСП расположено в Сысертском, Тугулымском и

Красноуфимском лесничествах. Рекогносцировочное обследование отдельных участков ЛСП свидетельствовало об активном возобновлении самосева хвойных и лиственных пород в условиях отсутствия сенокосения по междурубьям. Рубки ухода до 2007 г. проводили силами лесхозов на всех ЛСП в необходимых объёмах. С 2007 по 2011 гг. на неарендованных участках ЛСП уходы осуществляли по госконтрактам через ФГБУ «Рослесозащита», в 2012–2015 гг. на селекционных объектах эти виды работ были приостановлены. Они возобновились с 2016 г., но в очень малом объёме – 16 га (4% от общей площади), а в 2017 г. ещё меньше – 9 га (2,4%). Часть объектов из-за большой высоты семенных деревьев в результате отсутствия уходов за их кронами подлежит выведению из состава ЛГСК.

Объектам генетико-селекционного комплекса, находящимся на арендованных территориях, никакого внимания не уделяется. Подавляющее количество ЛСП заросло самосевом хвойных и лиственных пород, есть реальная угроза потери объекта частично либо полностью. Необходимо срочно изъять их из арендованной территории и провести в требуемых объёмах рубки ухода, которые могут быть более затратными ввиду больших размеров деревьев нежелательных пород.

Почти на всех ЛСП отмечено семеношение (наличие генеративных органов), часть ЛСП сосны, кедра и ели (на площади 254,5 га) была аттестована ко-

миссией в качестве объектов для заготовки семян. На них с 1990 по 2000 гг. заготовлено 340 кг улучшенных семян для выращивания посадочного материала с целью закладки испытательных и обычных культур. Общая стоимость этих семян в России – не менее 4,5 млн руб. (15 тыс. руб. за 1 кг), а на экспорт это будет значительно дороже.

За всё время существования ЛСП, а также постоянных лесосеменных участков, предназначенных для массовой заготовки семян, нигде (кроме Сухоложского лесничества на площади 1,6 га) не проводили работы по ограничению роста деревьев в высоту (обезвершинивание). Семенные деревья достигли большой высоты, нижние ветви отмирают, что уменьшает размер кроны и увеличивает высоту расположения шишек, делая их сбор с растущих деревьев часто невозможным.

По результатам предварительной генетической оценки потомства плюсовых деревьев в испытательных культурах на территории Сысертского лесничества заложена лесосеменная плантация повышенной генетической ценности площадью 2,5 га, а также другие генетико-селекционные объекты лесного семеноводства: архивы клонов (для сохранения генофонда плюсовых деревьев) – 13,7 га, маточные плантации (для вегетативного размножения плюсовых деревьев) – 30,0 га и испытательные культуры (для оценки наследственных свойств плюсовых деревьев) – 20,7 га.

Таким образом, в лесном фонде Свердловской области совместными усилиями лесоводов (сотрудников Сысертской лесной производственной семеноводческой станции, работников лесхозов и ученых) создан огромный потенциал объектов единого ЛГСК. За всеми этими бесценными селекционными объектами в течение 37 лет велись постоянные наблюдения небольшим коллективом сотрудников станции. Они проводили сами либо организовывали в лесхозах своевременные мероприятия: уход, внесение удобрений, удаление сухих деревьев, сбор шишек, получение семян и выращивание посадочного материала и др. На хорошее состояние единого генетико-селекционного семеноводческого комплекса Свердловской области и его перспективы указывали при авторском надзоре специалисты-проектировщики из института «Росгипролес» [9].

После введения Лесного кодекса РФ [5] штат станции был резко сокращён и объектам генетико-селекционного комплекса стали уделять крайне мало внимания. Вся постоянная лесосеменная база Свердловской области (возможно, и в других областях России), по сути дела,

оказалась бесхозной. Со стороны Департамента лесного хозяйства работа по этим объектам в настоящее время заключается только в их учёте, который выполняет на 0,5 ставки специалист Сысертского лесничества. Без своевременных уходов участки генетико-селекционного комплекса повсюду активно зарастают естественной нежелательной древесно-кустарниковой и травянистой растительностью. У субъектов хозяйственной деятельности отсутствует какая-либо инфраструктура для содержания объектов генетико-селекционного комплекса, заготовки семенного сырья (шишки) с растущих деревьев, его переработки и хранения семян.

Для сохранения и использования в интересах народного хозяйства уникальных природных и антропогенных лесных семеноводческих объектов Свердловской области необходима специализированная структура, которая будет организовывать и осуществлять контроль за работами по повышению эффективности лесного ГСК.

Заключение

В связи с вышеизложенным и учитывая сложившиеся современные условия с единым ге-

нетико-селекционным лесным комплексом, необходимо, по нашему мнению, в первую очередь решать следующие задачи:

1) восстановить Сысертскую лесную производственную семеноводческую станцию с прежней численностью работников либо создать семеноводческий центр, которые будут организовывать проведение необходимых работ по повышению эффективности лесного генетико-селекционного комплекса на территории Свердловской области;

2) провести инвентаризацию всех объектов ГСК на землях лесного фонда с последующим изъятием из лесопользования, после чего выполнить необходимые мероприятия для поддержания их статуса;

3) решить вопрос технического обеспечения по заготовке семенного сырья и его переработке, а сбор шишек проводить только на аттестованных лесосеменных плантациях;

4) завершить работу по территориальному выделению всех объектов лесных ГСК в натуре с постановкой на кадастровый учет;

5) разработать рекомендации по проведению лесоводственных мероприятий на объектах лесного ГСК.

Библиографический список

1. Выделение объектов биоразнообразия при заготовке древесины / Д.А. Шубин, С.В. Залесов, Е.А. Ведерников, В.Н. Залесов, А.Ю. Толстиков, Д.Э. Эфа, М.В. Усов // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения. Красноярск: ИЛСО РАН, 2016. С. 86–87.
2. Задачи сохранения биоразнообразия при заготовке древесины и пути их решения / С.В. Залесов, Е.А. Ведерников, В.Н. Залесов, О.Н. Сандаков, А.В. Пономарева, Д.Э. Эфа // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 37–40.

3. Проблемы сохранения биологического разнообразия и их решение при заготовке древесины / Е.С. Залесова, С.В. Залесов, В.Н. Залесов, А.С. Оплетаяев, Д.А. Шубин // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 56–60.
4. Лебедев Ю.В., Заровнятных Т.И. Создание постоянной лесосеменной базы в Свердловской области // Лесное селекционное семеноводство: опыт и перспективы. Екатеринбург: Полиграфист, 2000. С. 16–18.
5. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ. М., 2006. 110 с.
6. Махнёв А.К., Мамаев С.А., Ипполитов В.В. Значение особо охраняемых лесных объектов в улучшении семеноводческой базы // Лесн. селекционное семеноводство: опыт и перспективы. Екатеринбург: Полиграфист, 2000. С. 27–31.
7. Мамаев С.А., Ипполитов В.В., Ухналёв В.А. Лесные генетические резерваты лесообразующих пород – важный метод сохранения биоразнообразия природной среды // Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы. Уфа, 1997. С. 130–131.
8. Лебедев В.А. Лесоводственная и эколого-генетическая оценка состояния лесных генетических резерватов Свердловской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Лебедев Владимир Александрович. Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. 20 с.
9. Волкова Г.И., Юшенкова Е.И. Лесное селекционное семеноводство в Свердловской области // Лесное селекционное семеноводство: опыт и перспективы. Екатеринбург: Полиграфист, 2000. С. 5–7.

Bibliography

1. The selection of biodiversity in the procurement of wood / D.A. Shubin, S.V. Zalesov, E.A. Vedernikov, V.N. Zalesov, A.Y. Tolstikov, D.E. Efa, M.V. Usov // Intensification of forestry in Russia: problems and innovative solutions. Krasnoyarsk: ILSO RAN, 2016. P. 86–87.
 2. Challenges for biodiversity conservation during timber harvesting and ways of their solution / S.V. Zalesov, E.A. Vedernikov, V.N. Zalesov, O.N. Sandakov, A.V. Ponomarev, D.E. Efa // Agrarian bulletin of the Urals. 2016. № 2 (144). P. 37–40.
 3. Problems of conservation of biological diversity and its solution in the procurement of wood / E.S. Zalesova, S.V. Zalesov, V.N. Zalesov, A.S. Opletaev, D.A. Shubin // Successes of modern natural science. 2017. № 6. P. 56–60.
 4. Lebedev Y.V., Zarovnyatnykh T.I. Creation of a permanent seed-forest base in the Sverdlovsk Region // Forest selection seed farming: experience and perspectives. Yekaterinburg: Polygraphist, 2000. P. 16–18.
 5. Forest Code of the Russian Federation from 04.12.2006 №200-FZ. M., 2006. 110 p.
 6. Makhnyev A.K., Mamaev S.A., Ippolitov V.V. The importance of specially protected forest sites in improving the seed base // Forest Selection Seed farming: experience and perspectives. Yekaterinburg: Polygraphist, 2000. P. 27–31.
 7. Mamaev S.A., Ippolitov V.V., Ukhnaev V.A. Tree genetic reserves of forest-forming species is an important method for preserving biodiversity of natural environment // Forests of Bashkortostan: Modern state and perspectives. Ufa, 1997. P.130–131.
 8. Lebedev V.A. Silvicultural and ecology-genetic valuation of state of the forest-genetic reserves in Sverdlovsk region: author synopsis of dissertation of Candidate of agricultural sciences / Lebedev Vladimir Alexandrovich. Yekaterinburg: The Urals State Forest Engineering University, 2017. 20 p.
 9. Volkova G.I., Yushenkova E.I. Forest selection seed farming in Sverdlovsk Region // Forest selection seed farming: experience and perspectives. Yekaterinburg: Polygraphist, 2000. P. 5–7.
-

УДК 620.95:662.6

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСНО-СЫРЬЕВОЙ И БИОСФЕРНО-СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ

В.А. АЗАРЁНОК – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры технологии и оборудования
лесопромышленного производства,
тел.: 8 (343) 261-52-88; e-mail: v.azarenok@yandex.ru*

А.А. ДОБРАЧЕВ – кандидат технических наук,
профессор кафедры технологии и оборудования
лесопромышленного производства,
тел.: +7-909-007-13-73; e-mail: dobr@yandex.ru*

В.А. УСОЛЬЦЕВ – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры менеджмента и управления качеством,
тел.: (343)254-61-59; e-mail: Usoltsev50@mail.ru*

Д.Н. ФИЛИПОВА – аспирант кафедры технологии и оборудования
лесопромышленного производства,
тел.: +7-982-61-46-992; e-mail: filip.1989@inbox.ru*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Ключевые слова: энергетика, ресурсы, древесное топливо, биотопливо, возобновляемые источники энергии, климат.

Главный вопрос энергетики в настоящее время – это поиск альтернативы традиционным источникам энергии. Рассмотрены проблемы увеличения потребностей в ископаемых источниках энергии, что приводит к экономическому спаду, загрязнению окружающей среды и энергетической опасности. В связи с этим назрела настоятельная необходимость в создании собственной топливной отрасли на основе местных сырьевых ресурсов (древесных отходов).

Показаны перспективы замены традиционных источников энергии на возобновляемые «древесные» энергоресурсы с целью энергетической и экологической безопасности. Проведен анализ потребностей в биотопливе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) Свердловской области для теплогенерирующих мощностей в муниципальных образованиях. Анализ котельных Свердловской области по энергетическим характеристикам показывает перспективные стратегии использования местных топливных ресурсов в муниципальной энергетике. Поэтому необходимы исследования в области биоэнергетики, а также последовательная и урегулированная государственная политика по стимулированию энергосбережения и использования местных возобновляемых источников энергии. Требуется разработка технологических решений, позволяющая максимально эффективно использовать имеющиеся природные ресурсы и при этом не наносить вреда окружающей среде.

Потери в тепловых сетях области в 2015 г. составили 6,6 % с общей протяженностью сетей 7837 км. Удельные потери – 0,59 тыс. Гкал/км сетей. Разработка мер по снижению барьеров развития малой энергетики позволит снизить потери и вовлечь в энергобаланс области дополнительно от 0,5 до 1,0 млрд м³ природного газа в год за счет эффективного использования местных топливных ресурсов. Это приведет к снижению зависимости от привозных источников энергии, созданию предпосылок для производства на территории Свердловской области нового энергетического оборудования.

TO THE QUESTION OF OPTIMIZATION OF RESOURCE-RAW MATERIAL AND BIOSPHERE-STABILIZING FUNCTION

V.A. AZARENOK – doctor of agricultural sciences, professor of the Forestry Machinery and Equipment Department, Phone: +7-912-629-77-41; e-mail: v.azarenok@yandex.ru*

A.A. DOBRACHEV – candidate of technical sciences, professor of the Forestry Machinery and Equipment Department, Phone: +7 (343) 261-45-38, e-mail: a-dobr@mail.ru*

V.A. USOLTSEV – doctor of agricultural sciences, professor of the Department of quality management, Phone: (343)254-61-59; e-mail: Usoltsev50@mail.ru*

D.N. FILIPPOVA – postgraduent of the Forestry Machinery and Equipment Department, Phone: +7-982-61-46-992; e-mail: filip.1989@inbox.ru*

* Ural State Forest Engineering University, 620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37

Key words: energetics, resources, wooden fuel, biofuel, renewal energy sources, climate.

The main issue of energetics at the present time, this search for alternatives to traditional sources of energy. Increasing the sources of fossil energy leads to economic decline, environment pollution and energy risk. In this regard, there is an urgent need to create its own fuel industry based on local raw materials (wood waste).

Some prospects of replacing traditional energy sources to renewable “wood” energy, with a view to energy and environmental security are showed. With this purpose in view the analysis has been carried out to reveal the demand of municipal structures heatgenerating powers in biologic full for housing and communal services in Sverdlovsk region. The analysis of boiler rooms energetic characteristics in Sverdlovsk region reveals perspective strategies for municipal full resources using (application) in municipal energetics. For that it is necessary to carry on researches in this field as well as consequitive state policy to stimulate energy-saving and municipal renewal energy sources application. The development of technological solutions is required, which makes it possible to use the available natural resources as efficiently as possible without harming the environment.

The losses in the heat networks of the region in 2015 amounted to 6.6% with a total length of networks of 7,737 km. Specific losses amounted to 0.59 thousand Gcal / km of networks. The development of measures to reduce the barriers to the development of small-scale power generation will reduce losses and will involve an additional 0.5–1.0 billion cubic meters of natural gas per year from the effective use of local fuel resources in the energy balance of the region. This will reduce the dependence on imported energy sources, create prerequisites for the production of new power equipment in the Sverdlovsk Region.

Введение

В настоящее время в рамках смены парадигмы в лесном хозяйстве от ресурсной к биосферной особое внимание уделяется разработке и применению инновационных производств по переработке и использованию всей биомассы дерева. Один из путей

повышения уровня рентабельности предприятия – это развитие биоэнергетики, что позволит уменьшить потери древесного сырья, начиная от пней на лесосеке и кончая отходами в деревообработке. По прогнозам Мирового энергетического агентства, нехватка нефти в 2025 г. будет

оцениваться в 14 % [1]. Но проблема не только в этом. Движущими факторами для развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются угрозы, связанные с энергетической безопасностью, изменением климата, экономическим спадом и загрязнением окружающей

среды. Чтобы ослабить эффекты изменения климата на Земле, необходимо более активно использовать энергосберегающие технологии, в том числе экологизированные рубки леса [2–6], рационально использовать энергоресурсы и развивать возобновляемую энергетику.

Цель, объекты и методика исследований

Цель исследования – установление возможности замены каменного угля, нефти, газа и других видов минерального сырья на биотопливо, т. е. топливо из биологического сырья, для получения тепла и электрической энергии.

Биомасса – естественный источник энергии, её воспроизводство не изменяет климат, присутствует во всех климатических зонах России и при сжигании не образует экологически вредных соединений. В то же время при использовании традиционного ископаемого топлива возрастает не только выброс парниковых газов, основным из которых является CO_2 , но и общее загрязнение среды. При этом разрыв между глобальными выбросами и поглощением углерода из года в год увеличивается.

Это относится как к сжиганию каменного угля в котельных, так и к транспортному комплексу. За 10 лет, с 2001 по 2011 гг., количество автотранспортных средств в России повысилось на 83 %, в результате чего выбросы углекислого газа от автотранспорта выросли в 2,5 раза. В общем балансе антропогенных

загрязнений более 70 % приходится на двигатели внутреннего сгорания, и автотранспорт обогнал по выбросам CO_2 не только жилищно-коммунальное хозяйство, но и все промышленное производство [7]. Прямой ежегодный ущерб от пагубных выбросов только автотранспортного комплекса России на окружающую среду и здоровье населения составляет около 4 млрд дол.

Благодаря огромным лесным ресурсам, большая часть которых приходится на малоосвоенные регионы Сибири, Россия располагает практически неисчерпаемыми возможностями в развитии «зеленой» энергетики, что позволяет ей занять лидирующие мировые позиции в производстве биотоплива.

Наиболее экономически и технологически доступными являются отходы деревообработки, объем которых в нашей стране достигает 50 млн т [8, 9]. Эти отходы сконцентрированы на территории лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий и в основном сегодня сжигаются. В целом нерациональное сжигание энергоресурсов (не только лесных) достигает почти половины общего энергопотребления [10].

При оценке потенциала «зеленой» энергетики в России обычно ориентируются на расчетную лесосеку и соответствующий объем заготавливаемой древесины. При таком подходе в расчет идет лишь объем древесных отходов, получаемых на разных стадиях заготовки и переработки древесины. В последние годы заготов-

ка деловой древесины в России (не считая «ворлеса») ежегодно превышает 100 млн m^3 [11]. Поскольку на каждые 100 m^3 заготовленной деловой древесины приходится около 60–70 m^3 отходов от лесозаготовок и деревообработки [12], то в стране остаются невостребованными около 60–70 млн m^3 , или около 30 млн т органического вещества, включающего 50 %, или около 15 млн т, чистого углерода. Массовое коммерческое использование биотоплива будет определяться достижением ценового равновесия с традиционными видами топлива.

Результаты исследования

Анализ энергетических характеристик котельных Свердловской области позволяет сделать выводы для дальнейшей стратегии использования местных топливных ресурсов в муниципальной энергетике:

- из более 2300 котельных муниципальных образований области менее половины обеспечены сетевым газом и работают на этом дешевом топливе;

- 1618 котельных потребляют привозной уголь и получают дотации из областного бюджета на производство тепла на его основе;

- в области продолжают функционировать котельные на мазуте и электроэнергии – наиболее дорогое топливо в теплогенерации;

- наибольшее количество муниципальных котельных имеют в качестве объектов теплогенерации тепловые источники мощностью 0,2–0,6 кВт (796)

и только 148 котлов мощностью 3,9–4,5 МВт.

Тепловые энергопотенциалы малой генерации муниципальных образований Свердловской области включают 2327 негазовых котельных (6683,1 Гкал тепла), потребляя при этом почти 550 т условного топлива (т.у.т.). Имеющиеся потенциальные ресурсы только древесного топлива значительно перекрывают этот показатель – 772 т.у.т. [13].

При проектировании и организации биотопливных котельных следует ориентироваться на их мощности и наличие местных биотопливных ресурсов.

Внедрение биоэнергетических технологий позволит в первую очередь заменить мазутные котельные с объемом потребления топлива 37,6 тыс. т.у.т. Замена угольных котельных должна проектироваться прежде всего в муниципальных образованиях, имеющих значительный ресурс топлива, где износ объектов

генерации и сетей достиг критического предела. Вместе с тем нормативно-правовая база перевода муниципальных котельных на биотопливо должна предшествовать работе по замене типа топлива.

Выводы

В Свердловской области функционируют несколько крупных лесоперерабатывающих предприятий, которые обеспечивают себя, а частично и ЖКХ поселков тепловой энергией: Верхне-Синячихинский фанерный комбинат, Туринский ЦБЗ, Тавдинский фанерный комбинат, Юшалинский ДОК. Однако более чем в 200 малых и средних предприятий лесного комплекса Свердловской области проблемы обеспечения производства теплом остаются нерешенными. Это связано с отсутствием обоснованных рекомендаций по применению видов и типов теплогенерирующих мощностей на древесине.

Поэтому решение вопросов по оптимизации применения видов и типов теплогенерирующих мощностей с использованием древесных отходов позволит:

- создать благоприятные условия для перехода лесопромышленных предприятий на эффективные энергосберегающие технологии, что особенно важно при долгосрочной аренде лесов в области;
- снизить издержки на производство лесопроductии;
- наращивать объемы производства конкурентоспособной на внешнем и внутреннем рынке древесины и изделий из нее, обеспечивая при этом непрерывное лесопользование;
- отработать механизм эффективного регионального управления лесным комплексом области;
- создать благоприятный инвестиционный имидж для более широкого привлечения иностранных инвесторов в лесопромышленное производство.

Библиографический список

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России : [сайт] . URL: <http://www.infobio.ru/sites/default/files/bioenergy.pdf> (дата обращения: 23.11.2017).
2. Азаренок В.А., Залесов С.В. Экологизированные рубки леса: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 97 с.
3. Казанцев С.Г., Залесов С.В., Залесов А.С. Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
4. Герц Э.Ф., Залесов С.В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев // Лесн. хоз-во. 2003. № 5. С. 18–20.
5. Азаренок В.А., Безгина Ю.Н., Залесов С.В. Эффективность равномерно-постепенных рубок спелых и перестойных лесонасаждений // Аграрн. вестник Урала. 2012. № 8 (100). С. 58–61.
6. Сортиментная заготовка древесины / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, А.В. Мехренцев. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
7. Юлкин М.А. Анализ отраслевой структуры и динамики выбросов парниковых газов в России в 2011 г. // Поглощающая способность России по углероду как ограничение на развитие энергетики: семинар

«Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар А.С. Некрасова). М.: Изд-во Ин-та народнохоз. прогнозирования РАН, 2013. С. 57–69.

8. Федеральное государственное научное учреждение «Центр научно-технической информации “Мелиоводинформ”»: [сайт]. URL: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=2666> (дата обращения: 01.12.2017).

9. Азаренок В.А., Залесов С.В. Консолидация научных достижений как один из путей реализации проекта «Урал промышленный – Урал полярный» // Экономика региона. 2007. № 12. С. 81–82.

10. Маргулов Г.Д. Богатые бедняки // Труд. 2003. 15 апр.

11. Усольцев В.А. Русский лес как гарант энергетической и экологической безопасности России // Эко-Потенциал. 2014а. № 4 (8). С. 7–15 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/3576/1/Usoltcev.pdf>).

12. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1988. 253 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3352>).

13. Добрачев А.А., Мехренцев А.В., Шпак Н.А. Ресурсы биотоплива Свердловской области и их использование: информ.-справ. изд. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. С.44–47.

Bibliography

1. Federal State Budgetary Institution “Russian Energy Agency” Ministry of Energy of Russia: [site]. URL: <http://www.infobio.ru/sites/default/files/bioenergy.pdf> (reference date: 11/23/2017).

2. Azarenok V.A., Zalesov S.V. Ecologized logging. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2015. 97 p.

3. Kazantsev S.G., Zalesov S.V., Zalesov A.S. Optimization of forest management in derivative birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2006. 156 p.

4. Hertz E.F., Zalesov S.V. Improving the efficiency of silvicultural partial cuttings by optimizing the rolls assigned to the felling of trees // Forestry. 2003. № 5. P. 18–20.

5. Azarenok V.A., Bezgina Y.N., Zalesov S.V. Efficiency of evenly-gradual felling of ripe and overripe forests // Agrarian bulletin of Urals. 2012. № 8 (100). P. 58–61.

6. Assortment logging / V.A. Azarenok, E.F. Herz, S.V. Zalesov, A.V. Mehrentsev. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2015. 140 p.

7. Yulkin M.A. Analysis of the industry structure and dynamics of greenhouse gas emissions in Russia in 2011 // Absorbing ability of Russia in terms of carbon as a constraint on the development of energy. Seminar “Economic problems of the energy complex” (AS Nekrasov’s seminar). Moscow: Izd-vo Institute for Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, 2013. P. 57–69.

8. Federal State Scientific Institution «Center for Scientific and Technical Information “Meliovodinform”»: [site]. URL: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=2666> (reference date: 01/12/2017).

9. Azarenok V. A., Zalesov S. V. Consolidation of scientific achievements as one of the ways of realization of the project “Ural industrial – Ural polar” // Region economy. 2007. № 12. P. 81–82.

10. Margulov G.D. Rich poor people // Work. 2003. 15 April.

11. Usoltsev V.A. Russian forest as a guarantor of Russia’s energy and environmental security // Eco-Potential. 2014а. № 4 (8). P. 7–15 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/3576/1/Usoltcev.pdf>).

12. Usoltsev V.A. Growth and structure of plant phytomass. Novosibirsk: Science, Siberian Branch, 1988. 253 p. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3352>).

13. Dobrachev A.A., Mekhrentsev A.V., Shpak N.A. Biofuel resources of Sverdlovsk region and their use: Information reference book. Yekaterinburg: Urals state forestry Univ., 2015. P. 44–47.

УДК 630*587

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А.Е. ОСИПЕНКО – аспирант кафедры лесоводства,
e-mail: osipenko_alexey@mail.ru*

Я. КОУКАЛ – студент кафедры таксации леса,
лесоустройства и геоинформатики,
e-mail: xkoukal7@mendelu.cz**

И.А. ПАНИН – аспирант кафедры лесоводства,
e-mail: igorpanin1993@yandex.ru*

Л.А. ИВАНЧИНА – аспирант кафедры лесоводства,
e-mail: ivanchina.ludmila@yandex.ru*

С.В. ЗАЛЕСОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, проректор по научной работе
e-mail: Zalesov@usfeu.ru*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, тел.: 8 (343) 261-52-88;

** «Университет Менделя в Брно»,
613 00, Чехия, Брно, Сельхозтехника, 1, тел.: +420 545 131 111.

Ключевые слова: квадрокоптер, съемка, трехмерная модель, лесное насаждение, пробная площадь, таксация.

Исследования проведены на территории Паркового лесничества учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета. Сбор полевых материалов осуществлялся при помощи квадрокоптера DJI Mavic Pro и метода пробных площадей. Полевые работы произведены в декабре 2017 г. В ходе исследований было заложено 4 пробные площади в естественных насаждениях, произрастающих в типах леса сосняк брусничный и сосняк ягодный, а также получено 314 фотографий исследуемых сосняков с высоты 80 м. В статье приведены методика и описание опыта применения квадрокоптера для создания трехмерной модели лесных насаждений в условиях минусовых температур; таксационная характеристика рассматриваемых сосновых древостоев; рекомендации для проведения подобных исследований в лесных условиях. Управление квадрокоптером осуществлялось при помощи пульта и программы SkyDrones, установленной на смартфон. Опытным путем установлено, что в горных условиях следует начинать съемку в верхнем положении относительно рельефа. Эксплуатация квадрокоптера при минусовых температурах возможна, но следует учитывать, что, используя квадрокоптер с нарушением правил его эксплуатации, вы берете всю ответственность на себя и производитель в случае поломок имеет право отказать в гарантийном ремонте. Кроме того, минусовые температуры уменьшают емкость аккумулятора, что сокращает время полета квадрокоптера. Следует также учитывать, что правовые нормы, регулирующие использование беспилотных летательных аппаратов, в России разработаны недостаточно и следует с осторожностью применять их рядом с аэропортами, военными объектами, линиями электропередач и частными территориями.

THE EXPERIENCE OF QUADRUPTER USING FOR THREE DIMENTIONAL MODEL OF FOREST GROWING STOCUS

A.E. OSIPENKO – postgraduate student of forestry chair,
e-mail: osipenko_alexey@mail.ru*

J. KOUKAL – student of department of valuation
of the wood, forest management and geoinformatics
e-mail: xkoukal7@mendelu.cz**

I.A. PANIN – postgraduate student of forestry chair,
e-mail: igorpanin1993@yandex.ru*

L.A. IVANCHINA – postgraduate student of forestry chair,
e-mail: ivanchina.ludmila@yandex.ru*

S.V. ZALESOV – doctor of agricultural sciences,
professor, vicerector on scientific work
e-mail: Zalesov@usfeu.ru*

* Federal State Budgetary Educational Institution of
Higher Education «Ural State Forest Engineering University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37;
Phone: +7 (343) 261-52-88

** «Mendel university in Brno»,
613 00, Czech Republic, Brno, Agricultural machinery, 1, tel.: +420 545 131 111.

Key words: *quadrupled, shoot up, three dimentional model, forest plantation, sample plot, taxation.*

The investigations have been carried out on the para forestry territory of the Ural state forest engineering university training forestry. Collection of field materials has been accomplished by using DJI mavic pro quadrupter and the method of trial plats. Field works has been carried out during December 2017. As a result of these researches 4 trail plots have been in natural plantations growing in pine cow berry and pine berry forest types and 314 photos of investigated pine stands have been received from the height of 80 meters. The paper offers the methods and description of the quadrupled using for three dementional model of forest plantations creation in condition a belon zero temperatures: as well as taxation characteristics of investi gated pine stands; recommendations for similar investigations carrying out in forest conditions. The quadrept was operated by control and the sky Drone programme mounted on a smartphone. At has been established experimental that in mountations conditions it as recommended to start shooting in upper position relative to the relief quadrupter exploitation under below zero temperatures is possible but it should betaken into account that when using if freaking the exploitation rules you take responsibility for yourself and in a case of any damage the manufactures mau refuse warranty repair. Besidee the minus temperatures reduce accumulator capacity that in turn reduces the time of quadrupter flight. At should also be taken into account that legal norms that regulate unmanned aerial vehicle using in Russia have been developed unsufficiently, they should be used carefully in the neghbous hood of airports military objects, power transmission lines and private territories.

Введение

Беспилотные летательные аппараты (БЛА), в том числе и квадрокоптеры, могут применяться при решении множества задач лесного хозяйства: лесное картографирование, получение акту-

альной и достоверной информации о состоянии лесных земель и лесных насаждений, определение таксационных показателей древостоев, среднесрочное и оперативное планирование лесозаготовок, развитие лесной ин-

фраструктуры, проектирование противопожарных и лесозащитных мероприятий, воспроизводство лесных ресурсов, мероприятия по выявлению лесов высокой природоохранной ценности, мероприятия по сохранению

биоразнообразия, оптимизация технологических схем разработки лесосек и т.д. Однако массового их применения на практике не наблюдается. Это объясняется несколькими причинами: дороговизна БЛА; недостаток кадров, способных управлять БЛА; недостаточная разработанность системы нормативно-правовых актов, регулирующих применение БЛА [1, 2]. Вероятно, в скором времени вышеперечисленные трудности будут устранены, а использование БЛА в лесном хозяйстве станет обычным явлением [3].

Цель работы: опытным путем изучить особенности применения квадрокоптера для создания трехмерной модели лесных насаждений.

Условия и методы исследования

Объектом моделирования были выбраны лесные насаждения, расположенные в 19, 20 и 21 выделах 32 квартала Паркового лесничества Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета, общей площадью 10 га. В натуре участок был обозначен десятью опорными точками, у которых были зафиксированы координаты при помощи GPS-навигатора (рис. 1).

Съемка производилась при помощи квадрокоптера DJI Mavic Pro. Его технические характеристики приведены в табл. 1.

Перед началом исследований описанный выше квадрокоптер был зарегистрирован, так как в соответствии с Федеральным

законом «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов» от 30.12.2015 г. № 462-ФЗ [4] регистрация беспилотных систем обязательна.

Управление осуществлялось при помощи пульта управления

и программы SkyDrones, установленной на смартфон. Полетное задание было составлено программой автоматически (рис. 2). Необходимо было лишь указать точку старта, контурные точки участка съемки и высоту полета квадрокоптера.



Рис. 1. GPS-навигатор и опорная точка
Fig. 1. GPS-navigator and reference point

Таблица 1
Table 1

**Характеристика квадрокоптера DJI Mavic Pro и камеры
Feature of Mavic Pro DJI quadcopter and camera**

Параметр	Характеристика
Полетная масса, г Mass in flight, gr	743
Максимальная скорость полета, м/с The highest possible speed, m/s	18
Максимальное время полета, мин The highest possible time, min	27
Максимальная высота полета, м The highest possible height of flight	5000
Емкость аккумулятора, мАч Accumulator capacity	3830
Рабочая температура, °C Working temperature, °C	0 ... +40
Эффективное количество пикселей, М Pixels effective number, m	12,35
Максимальный размер изображения, пикселей The highest possible image size, picnsels	4000×3000
Диапазон ISO (фото) ISO (photo) range	1000–1600
Угол обзора камеры, град Camera corner observation, degrees	78,8

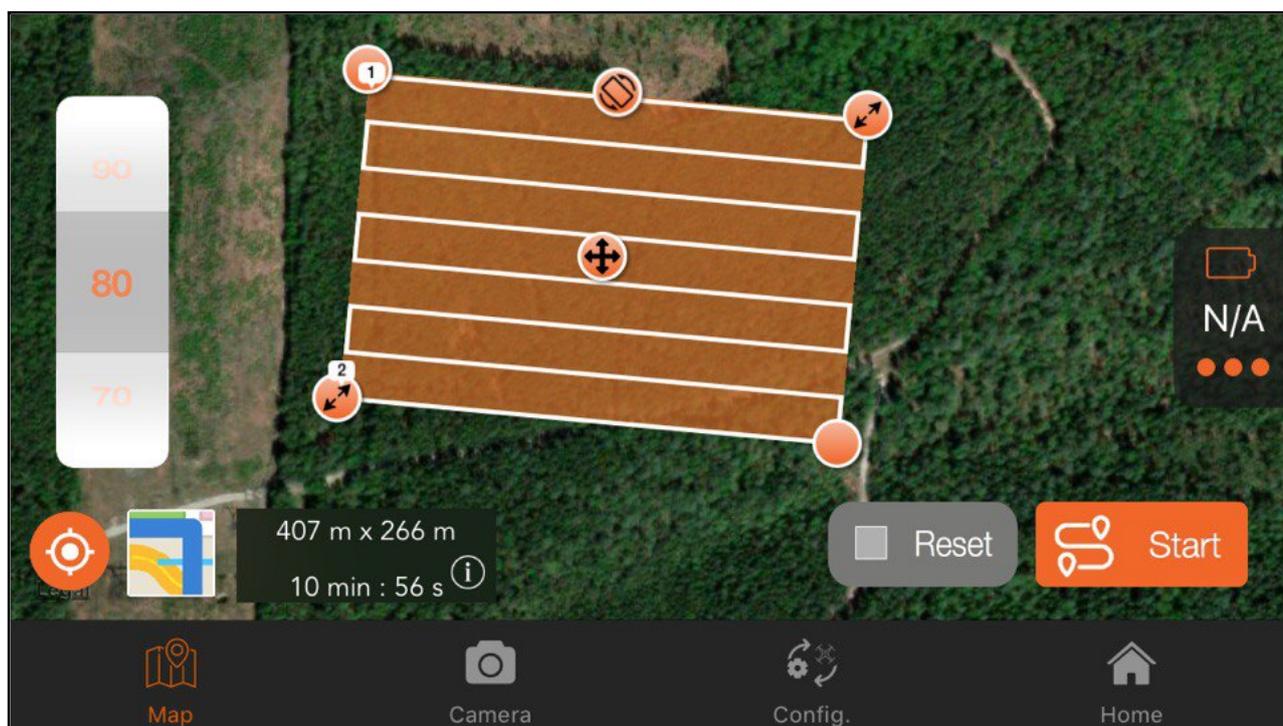


Рис. 2. Полетное задание квадрокоптера
Fig. 2. Flight assignment

Обработка данных и создание трехмерной модели лесного насаждения производилась в ПО AGISOFT PhotoScan. По фотоснимкам, координатам центров фотографирования и опорным точкам программа автома-

тически создает высокоточную геопривязанную трехмерную модель местности. Визуализацию трехмерной модели планируется произвести в программе ArcGIS.

В качестве контроля были заложены 4 пробные площади

в типах леса сосняк брусничный и сосняк ягодный. Их таксационная характеристика приведена в табл. 2. Пробные площади закладывались в соответствии с широко известными методиками [5, 6].

Таблица 2
Table 2

Таксационная характеристика исследуемых насаждений
Taxonomic characteristics of the studied stands

№ ПП № study plot	Состав древостоя The composition of the stand	Средние Average		Полнота Completeness relative		Запас, м ³ /га Volume m ³ /ha			Класс бонитета Bondability
		высота, м height, m	диаметр, см diameter, cm	абсолютная, м ² /га absolute, m ² /ha	относительная relative	растущих деревьев alive trees	сухостоя dead wood	общий Total	
1	9С1Б	25,5	28,2	48,7	1,3	550	6	556	II
2	10С+Б	22,2	26,4	42,9	1,2	445	27	472	III
3	7С3Б	30,0	29,2	47,7	1,3	609	5	614	I
4	5С4Б1Л	21,9	24,4	35,7	1,0	448	10	458	III

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе работы был получен ценный опыт съемки местности в условиях минусовых температур. Заявленная производителем квадрокоптера DJI Mavic Pro, как и у большинства других коптеров, минимальная температура эксплуатации составляет 0°C. Последнее связано с тем, что при низких температурах нарушаются химические процессы, в результате чего аккумулятор теряет ёмкость и уменьшается время полета; при низких температурах пропеллеры квадрокоптера становятся хрупкими, вследствие чего возможна их поломка; из-за перепада температур возможно образование конденсата на электронных платах устройства, что также может привести к его выходу из строя.

В нашем опыте съемки производились при следующих температурах: -22, -19 и -9°C. Повторные съемки понадобились из-за возникших технических проблем. В первом случае квадрокоптер был запущен из точки у основания склона, так как здесь было хорошее место для его запуска. Однако, пролетев половину пути, в связи с повышением рельефа квадрокоптер встретил на своем пути преграду в виде дерева и прервал полетное задание. Его пришлось вернуть на точку взлета. Повторный запуск в этот же день осуществить не удалось, так как заряд аккумулятора был низким. На следующий день квадрокоптер был запущен в точке на возвышенности и его полет прошел успешно, однако по неу-

становленным причинам количество фотографий, сделанных коптером, оказалось недостаточным (70 шт.). Было сделано предположение о том, что произошел сбой программы, задающей полетное задание квадрокоптеру. После замены программы Pix4Dcapture на аналогичную ей SkyDrones удалось получить необходимое количество снимков местности.

В результате съемки было получено 314 фотоснимков, сделанных в вертикальном направлении. Большое количество фотографий необходимо для того, чтобы обеспечить как минимум 65%-ное перекрытие фотографий, необходимое для качественной фотограмметрии. Пример снимка приведен на рис. 3.

Помимо низкой температуры, в процессе съемки были отмечены и другие сложности: производить съемку можно не в любую

погоду, так как для запуска квадрокоптера необходима погода без осадков, высокой влажности и желательно без ветра; нежелательно использовать квадрокоптер вблизи от линий электропередач, так как электромагнитные волны могут повлиять на работу гироскопа устройства; существует опасность столкновения квадрокоптера с птицей или даже нападения птицы на квадрокоптер; не всегда можно найти подходящее место для взлета квадрокоптера.

Выводы и рекомендации

1. В настоящее время возможно создание трехмерной модели лесного насаждения площадью 10 га на основании снимков с квадрокоптера, при этом съемка местности займет около 20 мин.

2. Эксплуатация квадрокоптера при минусовых температурах возможна, но следует учитывать,

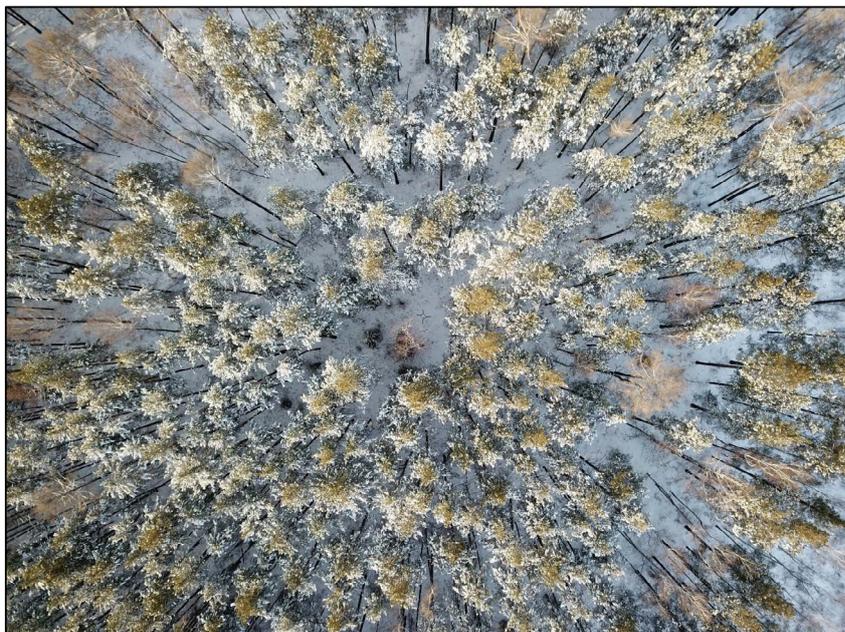


Рис. 3. Лесное насаждение в 19 выделе 32 квартала Паркового лесничества УУОЛ УГЛТУ (фотография сделана с высоты 80 м)

Fig. 3. Forest planting in 19 recovered 32 quarters of Park forest WOOL USFEU (photo taken from a height of 80 m)

что, используя квадрокоптер с нарушением правил его эксплуатации, вы берете всю ответственность на себя и производитель в случае поломки имеет право отказать в гарантийном ремонте.

3. Минусовая температура и ветер сокращают время полета квадрокоптера.

4. Перед тем как начать съемку, следует тщательно выбрать место старта квадрокоптера: поверхность площадью 4 м² (а в ветреную погоду – 25 м²) должна быть ровной и без растительности.

5. В горных условиях начинать съемку следует в верхнем положении относительно рельефа.

6. Не рекомендуется отключать функцию автоматического возврата квадрокоптера к месту взлета при низком заряде аккумулятора, так как это может привести к потере квадрокоптера.

7. Перед началом эксплуатации БЛА необходимо застраховать и зарегистрировать. Чтобы внести в реестр свой летательный аппарат, надо будет подать соответствующее заявление

в произвольной форме, указав характеристики беспилотника и информацию о владельце.

8. Чтобы полет БЛА был правомерным, следует получить разрешение на использование воздушного пространства и подать план полета в зональный центр Единой системы организации воздушного движения за три дня до вылета. Накануне полета необходимо подтвердить, что аппарат поднимется в воздух, а после окончания полета по телефону сообщить о том, что работа закончена.

Библиографический список

1. Бусаров П.А., Метелев Д.В., Шевелина И.В. Квадрокоптер и его использование в лесном хозяйстве // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: матер. XI Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. С. 181–182.
2. Лященко Ю.В. Правовой аспект использования беспилотных аппаратов в России // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 12. С. 612–614.
3. Денисов С.А., Домрачев А.А., Елсуков А.С. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. №4 (32). С. 34–46.
4. Федеральный закон «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов» от 30.12.2015 г. № 462-ФЗ.
5. Основы фитомониторинга: учеб. пособие / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотеева, А.Г. Магасумова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 89 с.
6. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.

Bibliography

1. Busarov P.A., Metelev D.V., Shevelina I.V. Quadcopter and its use in forestry Forest science in implementation of the concept of the Ural engineering school: social and economic and environmental problems of the forest sector of economy: materials XI of the International scientific and technical conference. Yekaterinburg: Ural state Forestry Engineering University Press, 2017. P. 181–182.
2. Lyashchenko Yu.V.: Legal aspects of using drones in Russia // Actual problems of aviation and cosmonautics. 2016. № 12. P. 612–614.
3. Denisov S.A., Domrachev A.A., Elsukov A. S. Experience with the use of drone to monitor forest renewal // PSTU Bulletin. Series: The Forest. Ecology. Environmental management. 2016. № 4 (32). P. 34–46.
4. The federal law “About Introduction of Amendments to the Air Code of the Russian Federation regarding Use of Pilotless Aircrafts” from 30.12.2015. № 462-ФЗ.

5. Basics phytomonitoring: tutorial / N.P. Bunkova, S.V. Zalesov, E.A. Zoteeva, A.G. Magasumova. Yekaterinburg: Ural state Forestry Engineering University Press, 2011. 89 p.
6. Dancheva A.V., Zalesov S.V. Environmental monitoring of forest plantations recreational purpose: tutorial. Yekaterinburg: Ural state Forestry Engineering University Press, 2015. 152 p.

УДК 630*91

ОЦЕНКА УСПЕШНОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗМЕЩЕНИЯ НА НИХ ТОЧЕЧНЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ, В УСЛОВИЯХ ХМАО – ЮГРЫ

Н.А. ЛИ – магистрант,
тел.: +7 (34668) 4-80-08, e-mail: naduxa.07@bk.ru*

А.С. ПОПОВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
тел.: +7 (343) 254-63-35, e-mail: sergeich66@yandex.ru*

Ю.Р. КАСИМОВА – магистрант,
тел.: +7 (343) 261-46-16, e-mail: kasimova_julia@mail.ru*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

***Ключевые слова:** рекультивация, нарушенные лесные земли, точечные и линейные объекты, добыча и транспортировка нефти, естественное лесовозобновление, лесные культуры, ХМАО – Югра.*

Жесткие климатические условия обуславливают специфику процессов рекультивации нарушенных земель в условиях районов Крайнего Севера. При разработке проекта рекультивации эти особенности необходимо учитывать, что происходит не всегда. Результатом рекультивационных работ, выполненных без учета местных климатических, почвенных и гидрогеологических особенностей, чаще всего становится гибель насаждений, созданных на биологическом этапе рекультивации. История изучения проблем, связанных с рекультивацией участков лесного фонда, выходящих из-под объектов нефтегазодобычи, насчитывает уже не одно десятилетие. Данные вопросы обсуждаются на различных уровнях на протяжении как минимум сорока лет. За это время выработано достаточное количество рекомендаций, позволяющих учитывать местные особенности при проведении рекультивационных работ. Однако в северных районах нашей страны, где сосредоточена основная добывающая инфраструктура, обеспечивающая извлечение нефти и газа из недр земли, их транспортировку и первичную переработку, ощущается острый дефицит присутствия предприятий, способных выполнять на качественном уровне проекты рекультивации нарушенных земель. Через несколько научно-исследовательских проектных организаций идет мощный поток проектов, требующих быстрой разработки, что заставляет специалистов использовать при осуществлении проектной деятельности так называемые шаблоны. Применение «стандартных заготовок» позволяет существенно повысить производительность организаций-проектировщиков, но неизбежно негативным образом сказывается на среднем уровне разрабатываемых проектов. Одним из результатов такого подхода является значительная доля лесных площадей, рекультивация которых не может быть признана успешной. В данной статье предпринята попытка провести оценку успешности рекультивации лесных земель, нарушенных в результате размещения на них точечных и линейных объектов, связанных с добычей и транспортировкой нефти, в условиях ХМАО – Югры.

THE SUCCESSFULLNESS OF RECULTIVATION OF FOREST LANDS WHICH WERE DISTURBED BY THE LOCATION OF THE POINT-TYPE AND LINE-TYPE OBJECTS USED FOR OIL EXTRACTION AND OIL TRANSPORTATION IN KHMAO – UGRA CONDITIONS

N.A. LI – master student,
phone: +7 (34668) 4-80-08, e-mail: naduxa.07@bk.ru*

A.S. POPOV – the candidate of agricultural sciences,
phone: +7 (343) 254-63-35, e-mail: sergeich66@yandex.ru*

Yu.R. KASIMOVA – master student,
phone: +7 (343) 261-46-16, e-mail: kasimova_julia@mail.ru*

* Ural State Forest Engineering University,
620100, Yekaterinburg, Sibirsky trakt, 37

Keywords: *reclamation, disturbed forest lands, point-type and line-type objects, oil extraction, oil transportation, natural forest regeneration, forest cultures, KHMAO – Ugra.*

Adverse climatic features have a strong influence on the reclamation processes in the Far North conditions. It is necessary to take these features into account when the project of reclamation is developed, but this rule is not realized usually. If the reclamation works were realized excluding the climatic, soil and hydrogeological features, the result is the death of forest stands which were produced during the biological stage. The study of problems associated with reclamation of forest land sites which are got out from the objects of oil and gas production lasts for decades. These problems have been discussed for at least forty years. A sufficient amount of recommendation for taking into account local peculiarity was offered during this time. However, in northern regions of our country, where the main part of the oil and gas infrastructure is situated, there is an acute shortage of the companies which are able to develop high level projects for disturbed forest lands reclamation. There are some scientific project companies which create a lot of reclamation projects from year to year. For the rapid development of these projects they need for so called templates. Using of standard blanks helps scientific project companies to increase their productivity, but it inevitably leads to degradation of reclamation projects. The large proportion of disturbed forest lands is a disappointing result of this approach using. This article is an attempt to evaluate the successfulness of reclamation of forest lands which were disturbed by the location of the point-type and line-type objects used for oil extraction and oil transportation in KHMAO – Ugra conditions.

Введение

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО – Югра) вместе с богатыми таежными кладовыми владеет большими запасами нефти и газа – одним из главных источников дохода нашей страны, поэтому нефтегазодобывающая отрасль является одной из ведущих в нашем регионе и оказывает большое влияние на все остальные сферы его деятельности, в том числе и на лесное хо-

зяйство, поскольку большинство функционирующих объектов нефтегазодобычи располагается на арендных участках в пределах лесного фонда [1–5]. В ХМАО – Югре основная доля аренды лесных участков приходится на нефтяные компании, это приводит к тому, что земли лесного фонда в значительной степени нарушаются, поскольку в процессе проведения разведочных работ и работ, связанных с обустройством месторождений, на переданных

в аренду участках ведется рубка лесных насаждений, прокладываются линейные и создаются площадные объекты [6]. Вот почему в ХМАО уделяется большое внимание рекультивации нарушенных земель и восстановлению утраченных насаждений.

Существует много подходов, которые могут быть использованы при проведении работ, направленных на восстановление потенциальных нарушенных территорий [7–12]. Специалистами

признается, что создать один универсальный шаблон для решения проблем на всех нарушенных землях невозможно, поскольку даже в пределах одного региона наблюдается большое разнообразие природно-климатических, почвенно-геологических и гидрологических условий. Поэтому при создании подходов, применимых в процессе рекультивации нарушенных земель, необходимо учитывать уникальность местных условий, ведь может случиться так, что методы, дающие хороший результат в одном месте, не позволят достичь желаемого успеха в другом [8]. Безусловно, в процессе выполнения таких сложных работ требуется анализировать ошибки прошлых лет для более эффективной работы.

Цель, задачи

и методика исследования

Исследования проводились на территории Аганского территориального отдела – лесничества Департамента недропользования и природных ресурсов ХМАО – Югры, расположенного в северной части округа на территории Нижневартовского административного района.

Целью работы являлась оценка успешности рекультивации нарушенных земель, вышедших из-под точечных и линейных объектов нефтегазодобычи.

Для достижения поставленной цели последовательно решались следующие **задачи**:

1) подбирались 10 зарекультивированных лесных участков, вышедших из-под точечных объ-

ектов нефтегазодобычи (разведочные скважины):

- 5 участков, оставленных на биологическом этапе рекультивации под самозаращивание;

- 5 участков с созданными на биологическом этапе лесными культурами сосны обыкновенной;

2) подбирались 10 зарекультивированных лесных участков, вышедших из-под линейных объектов (нефтепроводы, нефтепроводы с дорогами):

- 5 объектов, проложенных по покрытой лесом площади с двусторонним примыканием стен леса к линейному объекту;

- 5 объектов, проложенных по разреженному и открытому пространствам (редины, луга).

Методика проведения исследований успешности рекультивации на точечных объектах включала следующие работы:

- закладку двадцати учетных площадок 2×2 м на каждом из десяти подобранных объектов;

- определение количества крупного жизнеспособного подроста и показателя встречаемости на каждом из пяти объектов, оставленных под самозаращивание на биологическом этапе рекультивации;

- определение схемы посадки и показателя приживаемости лесных культур на пяти объектах, где на биологическом этапе они создавались.

Методика проведения исследований успешности рекультивации на линейных объектах включала следующие работы:

- закладку двадцати учетных площадок 2×2 м на каждом из пяти объектов, проложенных по

лесному массиву или открытому пространству. Учетные площадки закладывались по центральной оси объекта с шагом в 10 м;

- проведение закладки двадцати учетных площадок размером 2×2 м на каждом из пяти линейных объектов, проложенных по открытым пространствам. Учетные площадки закладывались по центральной оси объекта с шагом в 10 м;

- оценку успешности рекультивации участков линейных объектов, проложенных по лесу, производимую путем вычисления количества крупного жизнеспособного подроста, а на линейных объектах, проложенных по открытым участкам, путем вычисления доли площади с отсутствующим живым напочвенным покровом (проективным покрытием).

Результаты и их обсуждение

Точечные объекты

Для проведения исследований подбирали 10 точечных объектов (разведочных скважин), расположенных на лесных участках, возвращенных в лесной фонд после рекультивации. На пяти из них биологический этап рекультивации представлял собой оставление территории под самозаращивание, на остальных пяти на биологическом этапе рекультивации проводили посадку сосны обыкновенной. На всех 10 подобранных участках до передачи их в аренду располагались сосняки лишайниковой группы типов леса.

В процессе отбора лесных участков, вышедших из-под

точечных объектов нефтегазодобычи и оставленных под самозаращивание, предпочтение отдавалось тем из них, которые соответствовали следующим условиям:

1) расположение объекта – на восток от находящейся рядом стены леса (в зимнее время преобладают юго-западные ветры), при этом обследовались два объекта, расстояние от границ которых до ближайшей стены леса было менее 100 м (скважины 1, 2, 5), и три объекта, расстояние от границ которых до ближайшей стены леса было более 100 м (скважины 3, 4);

2) давность завершения биологического этапа рекультивации – 5–10 лет.

На данных участках на техническом этапе рекультивации проводились следующие работы: очистка территории от строительных отходов, удаление из пределов строительной полосы всех временных устройств

и сооружений, планировка территории.

Результаты оценки рекультивации, биологический этап которой осуществлялся методом оставления участка под самозаращивание, приведены в табл. 1.

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют сделать вывод о том, что с увеличением расстояния от границы участка до ближайшей стены леса снижается количество фиксируемого на нем крупного жизнеспособного подраста. Сопоставляя цифры, рассчитанные для скважин 1, 2 и 5, чьи границы удалены от ближайшей стены леса более чем на 100 м, со значениями, приведенными для сосняков лишайниковой группы типов леса, расположенных на территории Западно-Сибирского северотаежного равнинного района (табл. 2 [13, прил. 9]), можно утверждать, что оставление лесного участка, вышедшего из-под точечно-го объекта, на расстоянии более

100 м от ближайшей стены леса под самозаращивание не позволяет добиться положительного эффекта на биологическом этапе рекультивации, поскольку количество крупного жизнеспособного подраста на этих объектах колеблется в промежутке от 1,2 до 1,9 тыс. шт./га при неравномерном его размещении по площади (показатель встречаемости подраста на скважинах 1, 2, 5 находится в районе от 35 до 60 %). На скважинах 1 и 2 в настоящее время требуется создание лесных культур, на территории скважины 5 необходимо обеспечение мер содействия естественному лесовосстановлению.

В свою очередь, на скважинах 3 и 4, расположенных на расстоянии 65 и 90 м от ближайшей стены леса, зафиксировано достаточное количество крупного жизнеспособного подраста, который размещен по площади равномерно.

Таблица 1

Table 1

Количество подраста, сформировавшегося на лесных участках, на которых биологический этап рекультивации проводился посредством их оставления под самозаращивание

The quantity of undergrowth which was formed on the forest sites where biological phase of recultivation was realized through the leaving for overgrowing

№ Скважины Borehole number	Продолжительность периода после завершения рекультивации, лет Duration of the period after recultivation end, years	Расстояние от стены леса, м Distance from the border of forest, m	Количество крупного жизнеспособного подраста, тыс.шт/га Quantity of big healthy undergrowth, thousands plants/ha	Формула состава подраста Undergrowth structure	Встречаемость подраста, % Undergrowth frequency, %
1	5	115	1,9	9С1Б	60
2	7	130	1,2	5С5Б	35
3	8	90	2,7	8С2К	85
4	7	65	3,0	10С	95
5	6	150	1,4	10С	50

В табл. 2 приведены результаты приживаемости лесных культур на лесных участках, которые были сданы в аренду под размещение точечных объектов нефтегазодобычи. На данных участках на техническом этапе проводились следующие работы: очистка территории от строительных отходов, удаление из пределов строительной полосы всех временных устройств и сооружений, планировка территории, создание плодородного слоя из торфопесчаной смеси мощностью до 0,15–0,20 м. На биологическом этапе была произведена посадка семян сосны обыкновенной возрастом 2–3 года, диаметром стволика у корневой шейки не менее 2,5 мм, высотой стволика не менее 12 см. Схема размещения посадочных мест: расстояние между рядами 3 м, в рядах – 0,83 м, количество посадочных мест – 4000 шт./га.

Данные табл. 2 указывают на то, что культуры сосны обыкновенной прижились на лесных участках, вышедших из-под точечных объектов нефтегазодобычи достаточно хорошо, они не требуют дополнения, поскольку согласно «Правилам лесовосстановления» дополнению подлежат культуры с приживаемостью 25–85% [13]. Следовательно, создание искусственных сосновых насаждений на биологическом этапе рекультивации лесных участков, на которых ранее находились разведочные скважины, следует признать эффективным мероприятием, при этом следует отметить, что его реализация требует значительных финансовых затрат.

Линейные объекты

Оценка успешности лесовосстановления производилась на лесных участках, вышедших

из-под линейных объектов инфраструктуры, обеспечивающей транспорт нефтепродуктов. Были подобраны 5 линейных участков (бывших нефтепроводов и дорог вдоль них), расстояние от границ которых до стены леса не превышало 50 м на всей их протяженности. Остальные 5 участков пролегли по открытым пространствам.

На техническом этапе на всех 10 участках были выполнены следующие работы:

- очистка территории от строительных отходов, удаление из пределов строительной полосы всех временных устройств и сооружений;
- планировка территории;
- засыпка торфопесчаной смесью.

В табл. 3 приведены результаты оценки успешности рекультивации участков лесного фонда, вышедших из-под линейных

Таблица 2
Table 2

Приживаемость лесных культур сосны обыкновенной, созданных на биологическом этапе рекультивации лесных участков, вышедших из-под точечных объектов нефтегазодобычи
The survival of forest cultures of *Pinus sylvestris* which were formed on the biological phase of recultivation for the forest sites where oil and gas production objects took place

№ скважины Borehole number	Продолжительность периода после окончания рекультивации, лет Duration of the period after recultivation end, years	Количество живых растений, тыс.шт/га Live plants quantity, thousands plants/ha	Процент приживаемости, % Percent of survival plants, %
6	6	3,4	85
7	5	3,6	89
8	6	3,5	87
9	5	3,6	90
10	7	3,36	84

Таблица 3

Table 3

Результаты рекультивации участков лесного фонда, вышедших из-под линейных объектов, проложенных по территории, покрытой лесом, и оставленных на биологическом этапе на самозаращивание

The results of recultivation of forest fund sites which were got out from the line-type objects undertaken on area covered with the wood and left for overgrowing on the biological phase of recultivation

№ объекта Object number	Продолжительность периода после рекультивации, лет Duration of the period after recultivation end, years	Ширина линейного объекта, м Width of linetype object, m	Количество крупного жизнеспособного подроста, тыс. шт/га Quantity of big healthy undergrowth, thousands plants/ha	Встречаемость, % Undergrowth frequency, %	Породный состав подроста Undergrowth structure
1	5	6,0	2,5	85	10С
2	7	8,0	2,3	75	6С2Б2Е
3	9	6,0	2,7	100	8С2К
4	9	6,0	2,5	90	10С
5	5	8,0	2,9	80	6С4Б

объектов, проложенных по территории, покрытой лесом и оставленной на биологическом этапе под самозаращивание.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что лесовосстановление на участках линейной формы, вышедших из-под нефтепроводов и проложенных вдоль них дорог, на всем протяжении которых расстояние от границ участка до прилегающих с двух сторон лесных массивов составляло менее 50 м, посредством их оставления под самозаращивание, прошло успешно.

Только на объекте 2 требуется реализация мероприятий, направленных на содействие естественному лесовосстановлению, для того чтобы увеличить количество имеющегося подростка до нормативного значения 2500 шт./га, на всех остальных объектах этот уровень достиг-

нут или немного превышен. При этом не установлено четкой зависимости успешности лесовосстановления на линейных участках, проложенных по лесным массивам и оставленных на биологическом этапе рекультивации под самозаращивание, от ширины объекта и давности окончания рекультивационных работ.

В табл. 4 представлены результаты изучения успешности рекультивации на пяти участках, вышедших из-под линейных объектов, проложенных по разреженным и открытым пространствам (рединам, прогалинам, лугам), оставленных на биологическом этапе под самозаращивание.

На каждом из них на техническом этапе рекультивации выполнялись следующие работы:

- проводилась очистка территории от строительных отходов, из пределов строительной поло-

сы удалялись временные устройства и сооружения;

- осуществлялась планировка территории;
- производилась засыпка торфопесчаной смесью.

Результаты, представленные в табл. 4, свидетельствуют о том, что определенный положительный эффект при оставлении линейных объектов, пролегающих по разреженным и открытым пространствам, на самозаращивание на биологическом этапе рекультивации при создании прообраза плодородного почвенного слоя в процессе выполнения работ на техническом этапе достигался только на узких объектах 8 и 9 (ширина которых соответственно 6 и 8 м). На объектах, имеющих ширину более 10 м, даже при нанесении на них торфопесчаной смеси не удается обеспечить условия, необходимые для формирования устойчивого

Таблица 4

Table 4

Результаты рекультивации на участках линейной формы, вышедших из-под объектов нефтегазотранспортной системы, пролегающих по разреженным и открытым пространствам

The results of recultivation on the line-type sites which were got out from the parts of oil and gas transporting system which were built on the open space

№ объекта Object number	Продолжительность периода после рекультивации, лет Duration of the period after recultivation end, years	Ширина линейного объекта, м Width of line-type object, m	Доля площади с отсутствующим живым напочвенным покровом, % Square percentage of sites without a herbage, %
6	10	20	85
7	7	15	70
8	10	6	30
9	5	8	20
10	9	15	75

напочвенного покрова. Доля участков с отсутствующим проективным покрытием (песчаных раздувов) колеблется здесь от 70 до 85%. Причем чем больше временной отрезок, отделяющий нас от момента окончания рекультивационных работ на широких линейных объектах, тем выше доля площади, на которой отсутствует живой напочвенный покров и нанесенная торфопесчаная смесь.

Результаты, полученные при изучении успешности рекультивации участков, вышедших из-под линейных объектов нефтяного транспорта, пролегающих по покрытым лесом, разреженным и открытым пространствам, позволяют дать следующие рекомендации:

- участки, вышедшие из-под линейных объектов, проложенных по покрытой лесом территории, находящиеся под защитой прилегающих стен леса, можно рекомендовать под самозарастание. В этом случае расположенные с двух сторон от объекта

древостои предохраняют сформированный на техническом этапе рекультивации прообраз плодородного слоя от влияния ветровой эрозии, а также выступают обсеменителями, что позволяет достаточно быстро сформировать на рекультивируемой территории необходимое количество крупного жизнеспособного подроста преимущественно хвойных пород;

- на участках линейной формы, вышедших из-под дорог и объектов транспорта нефтепродуктов, пролегающих по разреженным и открытым пространствам (рединам, прогалинам, лугам), на биологическом этапе рекультивации необходимо производить обязательный посев трав с использованием травосмесей, состоящих из видов, адаптированных к местным жестким климатическим условиям. Данная мера должна способствовать формированию на таких участках устойчивого живого напочвенного по-

крова, способного обеспечить закрепление нанесенной торфопесчаной смеси и защиту ее от раздувов.

Выводы

Результатом выполненной исследовательской работы являются следующие рекомендации для внедрения в практику производства работ, реализуемых на биологическом этапе рекультивации в условиях ХМАО – Югры.

1. Точечные объекты нефтегазодобычи, расстояние от границ которых до ближайшей стены леса в условиях лишайниковой группы типов леса на территории ХМАО – Югры не превышает 100 м, оставлять под самозарастание.

2. На точечных объектах нефтегазодобычи, расстояние от границ которых до ближайшей стены леса в условиях лишайниковой группы типов леса на территории ХМАО – Югры составляет более 100 м, создавать культуру сосны обыкновенной.

3. Линейные участки, вышедшие из-под трасс нефтегазопроводов и дорог, расположенных вдоль них, проложенных через покрытые лесом участки, оставлять под самозарастание.

4. На линейных участках, вышедших из-под трасс нефтегазопроводов и дорог, расположенных вдоль них, проложенных через разреженные и открытые пространства, производить по-

сев многолетних трав из числа местных видов, адаптированных к жестким климатическим условиям района проведения исследования.

Библиографический список

1. Влияние продуктов сжигания попутного газа при добыче нефти на репродуктивное состояние сосновых древостоев в северотаежной подзоне / Д.Р. Аникеев, И.А. Юсупов, Н.А. Луганский, С.В. Залесов, К.И. Лопатин // Экология. 2006. № 2. С. 122–126.
2. Морозова Р.В., Морозов А.Е., Залесов С.В. Воздействие физико-механических нарушений почв на экосистемы кедровых лесов в процессе интенсивной нефтегазодобычи на территории ХМАО – Югры // Аграрная Россия. 2009. № S2. С. 160–161.
3. Проблемы рекультивации нарушенных земель при нефтегазоразведке / А.Е. Морозов, С.В. Залесов, А.В. Капралов, М.В. Винокуров, В.И. Лобанов, В.Г. Решетников // Вестник Моск. гос. ун-та леса – Лесн. вестник. 2008. № 3. С. 54–57.
4. Седых В.Н. Леса и нефтегазовый комплекс / Ин-т леса им. В.Н. Сукачева Сиб. отд. Рос. акад. наук. Новосибирск, 2011.
5. Морозов А.Е., Залесов С.В., Морозова Р.В. Эффективность применения различных способов рекультивации нефтезагрязненных земель на территории ХМАО – Югры // Изв. высш. учеб. завед. Лесн. жур. 2010. № 5. С. 36–42.
6. Правила лесовосстановления: утв. Приказом МПР России от 29 июня 2016 г. № 375.

Bibliography

1. The influence of the associated gas flaring on the reproductive condition of pine stands in the northern taiga subzone / D.R. Anikeev, I.A. Yusupov, N.A. Lugansky, S.V. Zalesov, K.I. Lopatin // Ecology. 2006. № 2. P. 122–126.
 2. Morozova R.V., Morozov A.E., Zalesov S.V. The influence of soil physical-mechanical damages on the cedar forests ecosystems at conducting the intense oil and gas production in KHMMAO-Ugra conditions // Agricultural Russia. 2009. № S2. P. 160–161.
 3. Problems of the disturbed lands recultivation at conducting the oil and gas exploration / A.E. Morozov, S.V. Zalesov, A.V. Kapralov, M.V. Vinokurov, V.I. Lobanov, V.U. Reshetnikov // The bulletin of the Moscow State forest university – Forest bulletin. 2008. № 3. P. 54–57.
 4. Sedykh V.N. Forests and the oil and gas industry / Institute of the forest named after V.N. Sukachev of the Siberian branch of the Russian Academy of Science. Novosibirsk, 2011.
 5. Morozov A.E., Zalesov S.V., Morozova R.V. The efficiency of different methods of oily soils recultivation in KHMMAO-Ugra conditions // The high school news. Forest magazine. 2010. № 5. P. 36–42.
 6. The rules of reforestation: approved by the order of the Ministry of natural resources and ecology of Russian Federation 29.06.2016. № 375.
-

УДК 631*6

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ТЕРРИТОРИИ КУРТАМЫШСКОГО РАЙОНА КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.Ю. ГОРШЕНИН – магистрант,
тел.: +79658372876, e-mail: r89658372876@yandex.ru*

А.С. ПОПОВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
тел.: +7 (343) 254-63-35, e-mail: sergeich66@yandex.ru*

В.Н. ЛУГАНСКИЙ – кандидат сельскохозяйственных наук,
тел.: +7 (343) 261-46-16, e-mail: lug32@yandex.ru*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Ключевые слова: лесная мелиорация, защитное лесоразведение, полезащитные лесные полосы, ветровая эрозия, конструкции полезащитных полос, состояние насаждений, Курганская область.

Курганская область относится к числу малолесных областей России, леса занимают всего 21,7 % ее территории. Лесистость Курганской области значительно различается и снижается с приближением к ее юго-восточной части. Юго-восточные районы характеризуются лесистостью в пределах 11,7–15,7 %, что значительно ниже среднего показателя по области. Куртамышское лесничество расположено в южной части области, на севере лесничество граничит с Курганским и Юргамышским лесничествами, на западе – с Челябинской областью, на юге – с Казахстаном, на востоке – с Глядянским лесничеством. Лесистость территории Куртамышского лесничества составляет 15,6 %, расположение лесных участков носит в основном колочный характер, поэтому сохранение и создание полезащитных лесных полос на территории юго-восточных районов Курганской области сможет значительно улучшить экологическую обстановку в регионе. Кроме того, следует отметить, что одной из ведущих отраслей на территории Куртамышского района является сельское хозяйство. Местный климат обладает рядом неблагоприятных особенностей, главными из которых являются небольшое количество выпадающих в течение года осадков и их неравномерное распределение по сезонам года, а также наличие сильных ветров, порождающих эрозионные процессы и, помимо этого, являющихся причиной дополнительного иссушения почвы в летний период. Для борьбы с этими негативными явлениями в 1950–1970-е гг. на территории Куртамышского района была создана система полезащитных лесных полос, что позволило значительно увеличить урожайность отдельных сельскохозяйственных культур. В настоящей статье предпринята попытка анализа текущего состояния полезащитных лесных полос на территории Куртамышского лесничества Курганской области и основных причин их деградации.

THE EVALUATION OF WINDBREAK FOREST FIELDS CONDITIONS IN THE KURTAMISH DISTRICT OF THE KURGAN REGION

R.V. GORSHENIN – master student,
phone: +79658372876, e-mail: r89658372876@yandex.ru*

A.S. POPOV – the candidate of agricultural sciences,
phone: +7 (343) 254-63-35, e-mail: sergeich66@yandex.ru*

V.N. LUGANSKY – the candidate of agricultural sciences,
phone: +7 (343) 261-46-16, e-mail: lug32@yandex.ru*

* Ural State Forest Engineering University,
620100, Yekaterinburg, Sibirsky trakt, 37

Keywords: reclamative afforestation, safeguarding foresting, windbreak forest fields, wind erosion, windbreak forest fields constructions, condition of plantings, Kurgan region.

Kurgan region is one of the sparsely wooded areas in Russia, forests take only 21,7 % of the Kurgan region territory. Woodiness of different parts of Kurgan oblast varies considerably, it decreases if we go forward to the south-east of the region, where the woodiness reaches 11,7–15,7 % values, it is more less than in the most of the parts in Kurgan oblast. Kurtamish forestry is situated in the southern part of the Kurgan region, it adjoins to Kurgan and Yurgamish forestries on the north, to Chelyabinsk region on the west, to Kazakhstan Republic on the south, and to Glyadyanskoe forestry on the east. Kurtamish forestry woodiness is 15,6 %, forest sites location has splitting type, that's why the maintenance and development of windbreak forest field system there helps to improve the regional ecology. Besides it is necessary to notice that one of the important sector of Kurtamish district economy is agriculture. Local climate has some negative features such as a small rainfall amount and its uneven distribution during the year, and in addition to it strong winds which are the reason of wind erosion and soil dehydration during the vegetation period. For overcoming of that negative phenomena the system of windbreak forest fields was developed in Kurtamish district in 1950–1970 years. This step helped to increase the crop productivity significantly. In this article we attempted to evaluate of windbreak forest fields conditions on the Kurtamish district territory of Kurgan region and to point the main reasons of its degradation.

Введение

Защитное лесоразведение, в том числе создание полезащитных лесных полос, является средством многофункционального влияния на окружающую природную среду, нормализует и стабилизирует экологическую обстановку, образует устойчивые агролесоландшафты с высокой степенью саморегуляции, оптимизирует влагооборот, тепло- и газообмен территории [1, 2].

После окончания войны в условиях изоляции отечественное сельское хозяйство оказалось вынуждено изыскивать способы,

позволяющие повысить урожайность сельскохозяйственных культур в регионах, обладающих богатыми плодородными почвами, но при этом испытывающих регулярный дефицит влаги и находящихся под воздействием сильных ветров.

Плодом совместных усилий специалистов сельского и лесного хозяйства стало создание на юге Уральского региона системы полезащитного лесоразведения, которая затронула территории Свердловской, Челябинской, Курганской и Тюменской областей [3–5].

Основной объем работ по созданию полезащитных лесных полос на территории Курганской области был выполнен в 1950–1960-е гг., после чего созданная система поддерживалась до конца 1980-х гг. Регулярно проводились уходы и дополнения.

Создание системы полезащитных лесных насаждений позволило решить ряд насущных сельскохозяйственных проблем: уменьшилась интенсивность ветровой и водной эрозии почв, удалось решить проблему неравномерного распределения снежного покрова по поверхности сельхозугодий,

снизилась глубина промерзания почв в зимний период и т.д.

Однако, начиная с 1990-х гг. и до наших дней, оказавшись на землях сельхозназначения, полезащитные лесные полосы постепенно приходят в упадок. Это происходит по целому ряду причин. Основу ряда полос составляют быстрорастущие мягколиственные древесные виды, которые к 50–60 годам достигают преклонного возраста и требуют реконструкции. Кроме того, дает о себе знать отсутствие регулярных уходов за когда-то созданными полосами. В свое время они располагались на землях межхозяйственных лесхозов, которые впоследствии были расформированы, после чего долгое время существовала правовая неопределенность со статусом этих территорий. В отсутствие уходов под влиянием пожаров и вредителей состояние полезащитных лесных полос значительно ухудшилось. Часть из них перестала выполнять свою защитную функцию. Данная проблема не является специфической только для Курганской области, она характерна для всего Урала.

В данной работе была предпринята попытка оценить текущее состояние полезащитных насаждений юга Курганской области.

Цель, задачи и методика исследования

Целью работы являлось изучение и анализ текущего состояния расположенных в южной части Курганской области полезащитных лесных полос. Для

достижения поставленной цели ставились и последовательно решались следующие **задачи**:

1) производился подбор сохранившихся полезащитных лесных полос на территории лесничества;

2) производилась оценка текущего состояния полезащитных лесных полос;

3) проводился анализ собранных данных с целью выявления основных причин деградации полезащитных лесных насаждений в пределах района проведения исследования.

Объектами исследований являлись искусственные защитные линейные насаждения полезащитного назначения (полезащитные лесные полосы), расположенные на территории ГКУ «Куртамышское лесничество» Целинного участкового

лесничества Луговского мастерского участка. Территория объектов исследований расположена в зоне Западно-Сибирского подтаежно-лесостепного района лесостепной лесорастительной зоны [6] (рис. 1). В процессе проведения исследований было заложено 20 временных пробных площадей (ПП).

Географические координаты мест закладки пробных площадей фиксировались с помощью GPS-приемника. Рост древесных пород изучался на временных пробных площадях, заложенных по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ 16128-70 «Площади пробные лесоустroительные (метод закладки)» и ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки». На основании данных измерительной таксации

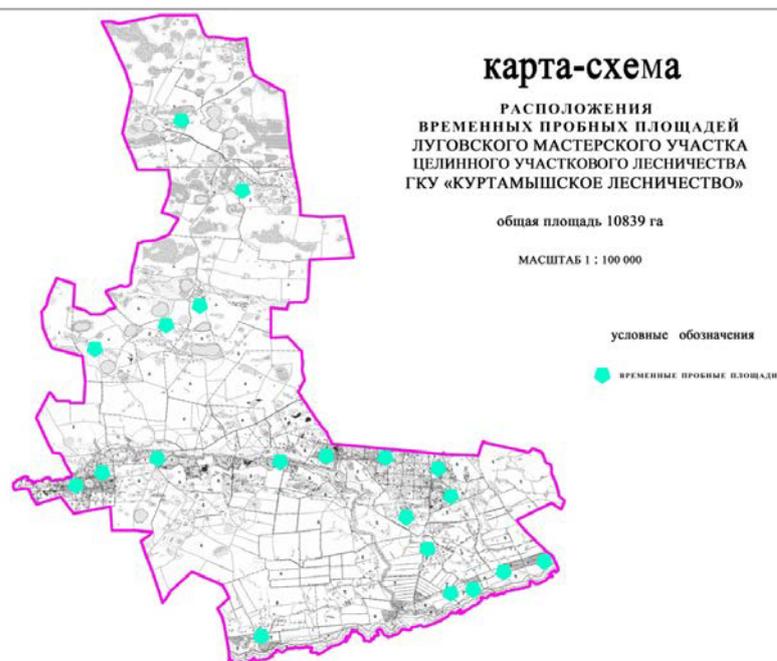


Рис. 1. Расположение обследованных полезащитных лесных полос на территории Куртамышского лесничества (места закладки пробных площадей указаны точками)

Fig. 1. The examined windbreak forest fields location on the territory of the Kurtamishs Forestry (places where belt testing areas were located are point-markers)

рассчитывали таксационные характеристики древостоев (средний диаметр, среднюю высоту, относительную и абсолютную полноту, запас). На пробных площадях выполняли сплошной перемер по видам древесных пород. Высоты определялись с помощью высотомера Suunto PM-5.

Определение санитарного и лесопатологического состояния полевых защитных лесных полос осуществлялось по стандартным методикам со сплошным перемером деревьев по ступеням толщины и их разделением по категориям санитарного состояния в соответствии с требованиями прил. 1 «Правил санитарной безопасности в лесах» [7, 8]. Обработка данных санитарного состояния основных насаждений производилась с применением программного комплекса «Форест».

Краткая характеристика полевых защитных лесных полос, расположенных в пределах Целинного участкового лесничества ГКУ

«Куртамышское лесничество»

Полевые защитные лесные полосы были созданы по единой технологии путем посадки двухлетних сеянцев в дно борозды вручную под меч Колесова на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования. Искусственные линейные насаждения представлены сосновыми, березовыми и смешанными лиственнично-березовыми древостоями с разной схемой смешения и сопутствующими породами – кленом и яблоней. Полевые защитные лесные полосы

на территории объектов исследования отнесены к защитным лесам, к группе лесов, расположенных в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах. Согласно ст. 102 п. 5 ЛК РФ, в защитных лесах и на особо защитных участках (ОЗУ) лесов запрещается осуществление деятельности, несовместимой с их целевым назначением и полезными функциями. Полевые защитные лесные полосы были посажены в период с 1968 по 1988 гг. Именно на это время приходится стабилизация в создании защитных лесонасаждений (1962–1990 гг.), после принятия постановления «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии». В этот период преобладало почвозащитное и водоохранное лесоразведение. Однако к концу 1980-х годов темпы посадки лесомелиоративных насаждений снизились в два раза по сравнению с 1970-ми годами и продолжали снижаться с 1991 по 2008 гг. Ежегодные объемы создания не выполнялись, а ранее созданные не пользовались вниманием и на значительных площадях погибли. Ситуацию усугубляет и то, что в современной эколого-экономической обстановке лесомелиоративные насаждения не берут на баланс землепользователи. Все полевые защитные лесные полосы в Куртамышском лесничестве относятся к категории земель лесного фонда – лесные культуры. Лесостроительные и другие проектные материалы не рекомендуют проведение в них каких-либо лесохозяйственных мероприятий.

В южной части Куртамышского лесничества (Луговской мастерский участок) сформирована эффективная система взаимосвязанных полевых защитных лесных полос (рис. 2).

Расстояние между продольными полосами не превышает 500 м, минимальное расстояние составляет 200 м. Поперечные полосы созданы в основном на расстоянии 1000 м друг от друга. Между продольными и поперечными полосами оставлены проезды для сельскохозяйственных машин шириной 10–20 м.

Практически все полевые защитные полосы 5-рядные, кроме тех, что созданы вблизи дорог и совмещают несколько защитных функций, такие полосы 7-рядные.

При исследовании выявлены практически все виды конструкций полевых защитных полос. Полевые защитные полосы с главной породой – березой бородавчатой – имеют плотную конструкцию. Чаще всего сопутствующими породами являются клен татарский, яблоня лесная, лиственница сибирская (рис. 3).

Полевые защитные лесные полосы с главной породой – сосной обыкновенной – имеют ажурную конструкцию. Сопутствующими породами являются клен татарский и яблоня лесная (рис. 4).

На территории, где сельскохозяйственные поля не обрабатываются длительное время, образовались так называемые «закрайки», представленные подростом и тонкомером сосны обыкновенной семенного происхождения, а также кленом татарским

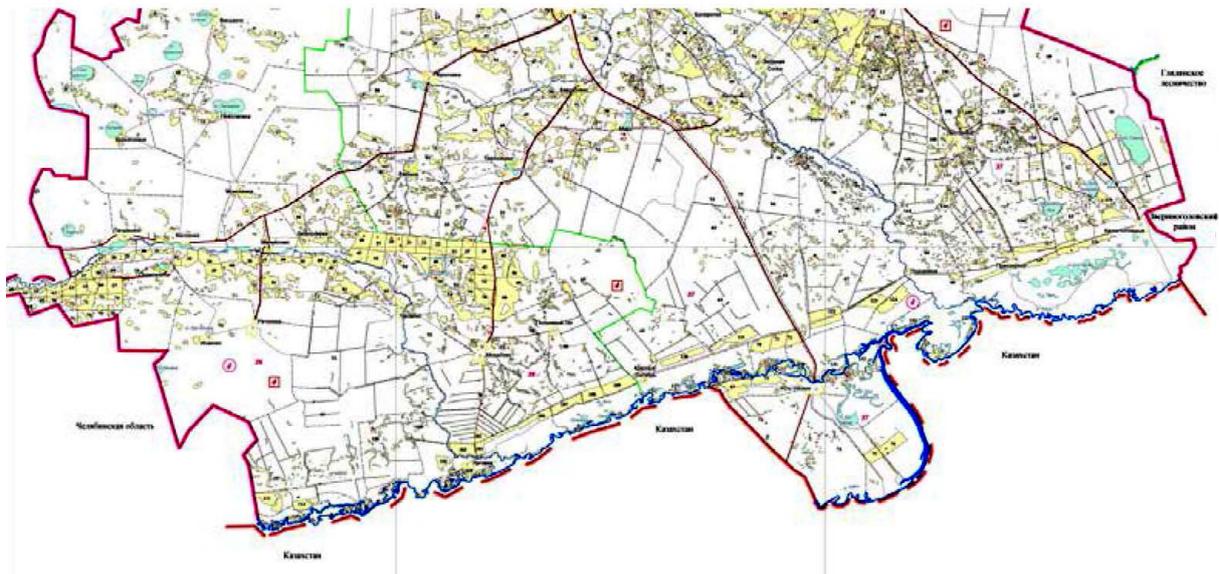


Рис. 2. Карта-схема расположения полевых защитных лесных полос в южной части Куртамышского лесничества
 Fig. 2. Schematic map of windbreak forest fields location in the southern part of the Kurtamish Forestry



Рис. 3. Полевая защитная лесная полоса плотной конструкции
 Fig. 3. The example of windbreak forest field with dense construction

порослевого происхождения (см. рис. 4).

Подбор древесных пород и кустарников и их размещение в лесных полосах имеют существенное значение для достижения их устойчивости в степных условиях и защитного влияния на окружающие поля. Во всех рядах в полосы, за исключением крайних рядов, высаживают главные

древесные породы, устойчивые против степных невзгод.

Из твёрдолиственных пород к таковым прежде всего относится дуб, который является основной породой для лесоразведения в степях, затем ясень, гледичия, а из мягколиственных пород – берёза, которая рано, с 50-летнего возраста, начинает отмирать, тополь же отмирает значительно

раньше. Главные древесные породы в рядах полосы чередуются или с подгоночными теневыносливыми древесными породами, или с кустарниками, или же с теневыносливыми древесными породами вместе с кустарниками. Если полоса состоит только из главных и подгоночных древесных пород, а кустарники в ней отсутствуют, то такой тип полевой защитной лесной полосы называется древесно-теневым. К подгоночным теневыносливым породам относятся: клён остролистный, липа (мелколистная и крупнолистная), ильмовые (вяз, ильм и берест) и др. Если в полосе, кроме главных и подгоночных древесных пород, присутствуют и кустарники, то такой тип посадки называется древесно-кустарниковым. К кустарникам, высаживаемым в лесных полосах, относятся разной высоты смородина золотистая, тамарикс, жёлтая акация, жимолость татарская и др.



Рис. 4. Полезащитная лесная полоса ажурной конструкции
Fig. 4. The example of windbreak forest field with openwork construction

Оценка состояния полезащитных лесных полос на территории

Куртамышского лесничества

Всего исследованы таксационные характеристики полезащитных лесных полос на общей площади 79,22 га. При натурном обследовании выявлено, что большинство таксационных характеристик соответствует фактическому положению.

Все полезащитные лесные полосы созданы на сельскохозяйственных землях в результате искусственного лесоразведения методом посадки лесных культур.

Выявлен ряд несоответствий таксационным описаниям Целинного участкового лесничества ГКУ «Куртамышское лесничество»:

- в квартале 99 выд. 15 не учтена сопутствующая порода (указан состав 10С, а фактически 8С2Кл);

- в квартале 96 выд. 66 не отражено поражение насаждения ржавчинным грибом *Melampsora*

pinitorqua, в результате чего происходит искривление побегов (сосновый вертун);

- в квартале 101 (выд. 5, 11, 13, 15, 18) не отражено наличие повреждений деревьев лесными пожарами.

Основные таксационные показатели, зафиксированные у древостоев на пробных площадях, представлены в таблице.

Насаждения со средним значением показателей категории состояния деревьев 1,6–2,1 являются устойчивыми, со средним значением 2,2–3,1 включаются в состав фонда, где целесообразно назначение мероприятий по уборке неликвидной древесины, со средним значением 3,3–3,9 – в состав фонда проведения выборочных санитарных рубок, со значением более 4,0 – в состав фонда сплошных санитарных рубок (при отсутствии других хозяйственных распоряжений).

В процессе проведения исследования было установлено,

что основной причиной ослабления и гибели деревьев являются лесные пожары. Поздней осенью и ранней весной сельскохозяйственные поля выжигают от оставшейся на них травы и соломы, бесконтрольный пал проходит через полезащитные полосы. Практически все полезащитные лесные полосы в той или иной мере имеют повреждения пожарами (рис. 5).

Проблема палов сухой травы носит системный характер [9, 10]. В большинстве случаев палы, требующие материальных затрат, проводятся населением без соблюдения правил пожарной безопасности, что приводит к переходу огня на населенные пункты, объекты экономики, земли лесного фонда [11, 12].

Еще одна причина массовых палов – уверенность не только в их пользе, но и в безопасности. Якобы, беглый низовой пожар, даже заходя на территорию лесов ранней весной, проходит без ущерба для лесного фонда. Фактически же наблюдается очень сильное ослабление лесных насаждений, иногда приводящее к гибели древостоев [13–15], что подтверждается данными, приведенными в таблице.

Было установлено, что причиной неудовлетворительного состояния насаждений полезащитных лесных полос, расположенных в выд. 5, 11, 13, 15, 18 квартала 101 Луговского мастерского участка Куртамышского лесничества, является неоднократное воздействие на них низовых пожаров.

Таксационная характеристика полевых лесных полос
 Луговского мастерского участка Целинного участка лесничества ГКУ «Куртамышское лесничество»
 The taxation description of the windbreak forest fields which are located in Lugovskoy foreman's area
 of the Tselinnoe local forest area on the territory of the Kurtamish Forestry

№ III № участка	№ квартала Forest compartment number	№ выдела Forest allotment number	Площадь выдела, га Forest allotment square, ha	Состав насаждения Undergrowth structure	Древесная порода Wood species	Возраст, лет Age, years	Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm	Класс возраста Age class	Группа возраста Age group	Бонитет Site class	Тип леса (ТЛ) Forest site type	Плотность Relative density	Запас сыровосрастающего леса, м³ Forest yield, m³			Хозяйственные мероприятия, природные явления Economic action, natural phenomenon	Среднее значение показателя состояния насаждения / качественная оценка; реко- мендуемые мероприятия Average of planting condition index / quality standard; recommended economic action
														на 1 га on 1 ha	на выдел on forest allotment	по породам for each forest specie		
1	95	10	2,31	10С л/культуры forest cultures	С	32	12	10	2	2	2	pt C2	0,8	140	320	320	–	2,2 – устойчивые / хорошая sustainable / good
2	95	11	5,55	10С л/культуры forest cultures	С	32	12	10	2	2	2	pt C2	0,8	160	890	890	–	1,8 – устойчивые / хорошая sustainable / good
3	96	49	4,06	10С л/культуры forest cultures	С	23	8	4	2	2	2	pt C2	0,5	60	240	240	–	2,1 – устойчивые / хорошая sustainable / good
4	96	66	3,16	10С л/культуры forest cultures	С	23	8	4	2	2	2	pt C2	0,5	60	190	190	–	2,4 – устойчивость нарушена / удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory, gathering the illiquid wood
5	99	1	4,94	10Б л/культуры forest cultures	Б	32	15	10	4	2	2	pt C2	0,6	110	540	540	–	1,7 – устойчивые / хорошая sustainable / good
6	99	4	7,48	10Б л/культуры forest cultures	Б	32	15	10	4	2	2	pt C2	0,6	110	820	820	–	2,1 – устойчивые / хорошая sustainable / good
7	99	11	4,94	10С л/культуры forest cultures	С	33	15	12	2	2	1	pt C2	0,8	180	890	890	–	2,9 – устойчивость нарушена / удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory, gathering the illiquid wood
8	99	15	3,13	10С л/культуры forest cultures	С	33	15	12	2	2	1	pt C2	0,8	180	560	560	–	2,6 – устойчивость нарушена / удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory, gathering the illiquid wood
9	99	20	4,63	10Б л/культуры forest cultures	Б	41	17	12	5	2	2	pt C2	0,6	110	510	510	–	1,6 – устойчивые / хорошая sustainable / good

10	101	1	3,41	10Б л/культуры forest cultures	Б	42	17	14	5	2	2	1	пр С2	0,7	120	410	410	410	1,8 – устойчивые/ хорошая sustainable / good
11	101	2	3,21	10Б л/культуры forest cultures	Б	42	18	16	5	2	2	2	пр С2	0,7	140	450	450	450	2,1 – устойчивые/ хорошая sustainable / good
12	101	3	3,57	10Б л/культуры forest cultures	Б	43	17	16	5	2	2	2	пр С2	0,7	120	430	430	430	1,9 – устойчивые/ хорошая sustainable / good
13	101	5	4,83	8С1Я6Кл л/культуры forest cultures	С Я6 Кл	41	14	8	3	2	2	2	пр С2	0,6	110	530	450 40 40	450	2,9 – устойчивость нарушена/удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory; gathering the illiquid wood
14	101	6	4,3	6С2Б1Я6Кл л/культуры forest cultures	С Б Я6 Кл	37	13	8	2	2	2	1	пр С2	0,7	130	560	340 110 60 50	340	1,7 – устойчивые/ хорошая sustainable / good
15	101	11	4,81	10С л/культуры forest cultures	С	35	12	8	2	2	2	2	пр С2	0,7	120	580	580	580	3,4 – устойчивость нарушена/удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory; gathering the illiquid wood
16	101	13	3,41	10С л/культуры forest cultures	С	41	14	10	3	2	2	2	пр С2	0,6	120	410	410	410	3,7 устойчивость нарушена/ неудовлетв., защитные функции нарушены, реконструкция resistance is broken / unsatisfactory, protective functions are broken, reconstruction
17	101	15	3,17	10С л/культуры forest cultures	С	35	14	10	2	2	2	1	пр С2	0,6	120	380	380	380	3,4 устойчивость нарушена/ неудовлетв., защитные функции нарушены, реконструкция resistance is broken / unsatisfactory, protective functions are broken, reconstruction
18	101	16	2,56	10С л/культуры forest cultures	С	31	10	4	2	2	2	2	пр С2	0,7	100	260	260	260	2,8 – устойчивость нарушена/удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory; gathering the illiquid wood
19	101	18	2,9	10С л/культуры forest cultures	С	41	14	8	3	2	2	2	пр С2	0,7	140	410	410	410	2,3 – устойчивость нарушена/удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory; gathering the illiquid wood
20	101	22	2,85	10С л/культуры forest cultures	С	33	14	10	2	2	2	1	пр С2	0,6	120	340	340	340	2,6 – устойчивость нарушена/удовлетв., уборка неликвида resistance is broken / satisfactory; gathering the illiquid wood



Рис. 5. Полезащитная лесная полоса в пределах Луговского мастерского участка Куртамышского лесничества, утерявшая в результате действия пожаров свои защитные функции
Fig. 5. The windbreak forest field on the territory of Lugovskoy foreman's area in Kurtamish Forestry which has lost its protection functions

Проведенное исследование показало, что влияние огня – основная причина ослабления, нарушения устойчивости и гибели полезащитных лесных полос, расположенных в пределах Куртамышского лесничества, на общей площади 19,12 га. В этих насаждениях необходимо проектировать проведение санитарно-оздоровительных мероприятий – выборочных санитарных рубки.

Отсутствие уходов за лесными культурами – полезащитными лесными полосами – приводит к накоплению большого количества неликвидной древесины. Основным источником валежника является сопутствующая порода – клен татарский. Гибель его отмечена практически на всех полезащитных лесных полосах, где он был введен в состав лесных культур сосны (рис. 6). Нелик-

видная древесина является очень опасным горючим материалом при возникновении даже беглого



Рис. 6. Неудовлетворительное санитарное состояние клена татарского в полезащитной лесной полосе Луговского мастерского участка Куртамышского лесничества

Fig. 6. The example of unsatisfactory sanitary condition of *Acer tataricum* in windbreak forest field which is located on the territory of Lugovskoy foreman's area in Kurtamish Forestry

низового пожара [16]. Огонь задерживается на сухом валежнике и затем может повредить и стволы здоровых деревьев (рис. 7).

Неликвидная древесина в основном сконцентрирована на внешних рядах полезащитных полос, что особенно опасно при прохождении ранних весенних и осенних сельскохозяйственных палов. Беглый пожар может при таких условиях перерасти в устойчивый низовой и даже перейти в верховой. Вследствие накопления неликвидной древесины санитарное состояние полезащитных лесных полос на обследованной территории на площади 18,31 га является неудовлетворительным. По результатам проведенных исследований на таких участках рекомендованы мероприятия по уборке неликвидной древесины.



Рис. 7. Полезащитная лесная полоса в пределах Луговского мастерского участка Куртамышского лесничества, где отсутствие уходов за лесными насаждениями привело к накоплению неликвидной древесины
 Fig. 7. The example of windbreak forest field which is located on the territory of Lugovskoy foreman's area in Kurtamish Forestr, where the deficiency of forest maintenance became a reason of illiquid wood accumulation

Выводы

В ходе выполнения исследовательской работы проведена оценка состояния полезащитных лесных полос на территории Луговского мастерского участка Куртамышского лесничества.

Лучшим типом условий местопроизрастания для сосно-

вых насаждений полезащитных лесных полос является свежая суборь (B2), для сосново-березовых и березовых древостоев – свежая сложная суборь (C2), что подтверждается наибольшим запасом в чистых сосновых и смешанных сосново-березовых насаждениях. Насаждения имеют

I–II классы бонитета и среднюю полноту (0,6–0,8).

Наиболее устойчивыми с точки зрения оценки санитарного состояния являются смешанные сосново-березовые и чистые березовые насаждения, входящие в состав полезащитных лесных полос.

Санитарное состояние полезащитных лесных полос, представленных преимущественно хвойными породами, на площади 40,59 га, что составляет 51 % от всей обследуемой территории, характеризуется как неудовлетворительное. Они повреждены лесными пожарами и болезнями, в них прогрессируют процессы задержания почвы, изреживания верхнего яруса и внутренних рядов древостоя.

Примерно на половине занимаемой насаждениями площади необходимо проведение лесохозяйственных мероприятий, основными из которых должны стать санитарные рубки и уборка захламленности.

Библиографический список

1. Фрейберг И.А., Залесов С.В., Толкач О.В. Опыт создания искусственных насаждений в лесостепи Зауралья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 121 с.
2. Залесов С.В., Толкач О.В., Фрейберг И.А. Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности // Экология и пром-сть России. 2017. № 9. С. 42–47.
3. Рекомендации по лесовосстановлению и лесоразведению на Урале / В.Н. Данилик, Р.П. Исаева, Г.Г. Терехов, И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, В.Н. Луганский, Н.А. Луганский. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. акад., 2001. 117 с.
4. Влияние березы на сосну при переводе лиственных насаждений в хвойные / И.А. Фрейберг, О.В. Толкач, С.В. Залесов, Н.А. Луганский // Лесн. хоз-во. 2006. № 4. С. 40–41.
5. Искусственное лесоразведение вокруг г. Астаны / С.В. Залесов, Б.О. Азбаев, А.В. Данчева, А.Н. Рахимжанов, М.Р. Ражанов, Ж.О. Суюндиков // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/> 118-13438
6. Фрейберг И.А., Залесов С.В. Лесорастительное районирование Зауральской лесостепи // ИВУЗ. Лесн. жур. 2007. № 2. С. 34–40.

7. Основы фитомониторинга / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотеева, А.Г. Магасумова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 89 с.
8. Правила санитарной безопасности в лесах: утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2017 г. № 607. URL: <http://www.consultant.ru>
9. Залесов С.В., Залесова Е.С., Оплетаев А.С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 67 с.
10. Залесов С.В., Магасумова А.Г., Новоселова Н.Н. Организация противопожарного устройства насаждений, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях // Вестник Алтайск. гос. аграрн. ун-та. 2010. № 4 (66). С. 60–63.
11. Защита населенных пунктов от природных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов, Е.Ю. Платонов // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 34–36.
12. Кректунов А.А., Залесов С.В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров / Урал. ин-т ГПС МЧС России. Екатеринбург, 2017. 162 с.
13. Шубин Д.А., Залесов С.В. Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39–41.
14. Шубин Д.А., Малиновских А.А., Залесов С.В. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 6 (44). С. 205–208.
15. Шубин Д.А., Залесов С.В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с.
16. Марченко В.П., Залесов С.В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // Вестник Алтайск. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 10 (108). С. 55–59.

Bibliography

1. Freyberg I.A., Zalesov S.V., Tolkach O.V. The experience of artificial forests formation in forest-steppe of the Trans-Ural region. – Yekaterinburg: Ural State forest engineering university, 2012. 121 p.
 2. Zalesov S.V., Tolkach O.V., Freyberg I.A. The experience of forest cultures formation on the solonchic soils with good forestry potential // Ecology and industry in Russia. 2017. № 9. P. 42–47.
 3. Recommendations for reforestation and afforestation in Ural region / V.N. Danilik, R.P. Isaeva, G.G. Terekhov, I.A. Freyberg, S.V. Zalesov, V.N. Lugansky, N.A. Lugansky. Yekaterinburg: Ural State forest engineering university, 2001. 117 p.
 4. The birch influence on the pine when deciduous stands are transformed in coniferous / I.A. Freyberg, O.V. Tolkach, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky // The Forestry. 2006. № 4. P. 40–41.
 5. Artificial forestation around the Astana-city / S.V. Zalesov, B.O. Azbaev, A.V. Dancheva, A.N. Rakhimzhanov, M.R. Razhanov, Zh.O. Suyundikov // Modern problems of science and education. 2014. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/118-13438>
 6. Freyberg I.A., Zalesov S.V. Forest division into districts for forest-steppe of the Trans-Ural region // The forest magazine. 2007. № 2. P. 34–40.
 7. The bases of phytomonitoring / N.P. Bunkova, S.V. Zalesov, E.A. Zoteeva, A.G. Magasumova. Yekaterinburg: Ural State forest engineering university, 2011. 89 p.
 8. The rules of sanitary safety in the forests: approved by the order of the Ministry of natural resources and ecology of Russian Federation 20.05.2017. № 607. URL: <http://www.consultant.ru>
 9. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Recommendation for improvement of forest protection against the fire in the tape pine forests of the Priirtishje. Yekaterinburg: Ural State forest engineering university, 2014. 67 p.
-

10. Zalesov S.V., Magasumova A.G., Novoselova N.N. The organization of the fire-prevention arrangement in stands which are formed on the former agricultural lands // The bulletin of the Altai state agrarian university. 2010. № 4 (66). P. 60–63.
 11. Human settlement protection against the natural fires / S.V. Zalesov, G.A. Godovalov, A.A. Krektunov, E.Yu. Platonov // The agrarian bulletin of Ural. 2013. № 2 (108). P. 34–36.
 12. Krektunov A.A., Zalesov S.V. Human settlement security against the natural fires. Yekaterinburg: Ural institute of the state fire engineering service of the Ministry of Emergency Situations of Russian Federation, 2017. 162 p.
 13. Shubin D.A., Zalesov S.V. After fire tree falling off in the pine stands of the Priobye water preserving pine-birch forestry region of the Altai Krai // The agrarian bulletin of Ural. 2013. № 5 (111). P. 39–41.
 14. Shubin D.A., Malinovskikh A.A., Zalesov S.V. The fire influence on the forest biogeocenosis components in conditions of the Upper Ob pine-forest massif // The proceedings of the Orenburg state agrarian university. 2013. № 6 (44). P. 205–208.
 15. Shubin D.A., Zalesov S.V. The consequences of fires in pine forests on the territory of the Priobye water preserving pine-birch forestry region of the Altai Krai. Yekaterinburg: Ural State forest engineering university, 2016. 127 p.
 16. Marchenko V.P., Zalesov S.V. The inflammability of the Priirtishje tape pine forests and methods of its minimization on the example of the Public institution State forest nature reserve “Ertis ormani” // The bulletin of the Altai state agrarian university. 2013. № 10 (108). P. 55–59.
-

УДК 630*561.22:630*522.3

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ОПЫТНЫХ КУЛЬТУР (PÍNUS SYLVÉSTRIS L.) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМБИНАТОМ «МАГНЕЗИТ» НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

К.Е. ЗАВЬЯЛОВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
научный сотрудник,
e-mail: zavyalov.k@mail.ru*

С.Л. МЕНЩИКОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник, заведующий лабораторией ЭТРС,
e-mail: msl@botgard.uran.ru*

П.Е. МОХНАЧЕВ – младший научный сотрудник,
e-mail: mohnachev74@mail.ru*

*ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН,
620134, Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а;
тел.: 8(343)322-56-47

Ключевые слова: экспериментальные лесные культуры, радиальный прирост, техногенное загрязнение.

Длительные аэротехногенные выбросы вблизи крупных промышленных предприятий приводят к гибели или сильному повреждению лесных экосистем. Лесные экосистемы вокруг промышленных предприятий создают экологически благоприятную среду. Восстановление погибших и сохранение поврежденных лесных экосистем в результате техногенного загрязнения является важной задачей в пути улучшения и стабилизации экологической обстановки. Особенно это важно в промышленно развитом районе г. Сатки

Челябинской области. Мощный источник аэротехногенного загрязнения в г. Сатка – комбинат «Мagneзит». Главным компонентом техногенных отходов, попадающих в атмосферу, является магнезитовая пыль, состоящая в основном из окиси магния. Вследствие этого целью наших исследований являлась оценка негативного воздействия аэротехногенных выбросов магнезитового производства на радиальный прирост *Pinus sylvéstris* L. Наши исследования проводились в окрестностях г. Сатка Челябинской области на опытных культурах *Pinus sylvéstris* L. в градиенте загрязнения. Различия в приростах опытных культур сосны обыкновенной проводились с помощью обобщенных древесно-кольцевых хронологий. Данные древесно-кольцевого анализа показали, что динамика радиального прироста сосны обыкновенной в окрестностях комбината «Мagneзит» зависит от воздействий аэротехногенных выбросов комбината, которые оказывают негативное действие на прирост. Чем выше уровень загрязнения, тем больше снижается прирост.

RADIAL GROWTH OF THE EXPERIMENTAL CULTURES (*PÍNUS SYLVÉSTRIS* L.) IN CONDITIONS OF POLLUTION BY THE MAGNEZIT PLANT IN THE SOUTHERN URALS

K.E. ZAVYALOV – candidate of agricultural sciences,
Research Officer,
e-mail: zavyalov.k@mail.ru*

S.L. MENSCHIKOV – doctor of agricultural sciences,
senior Researcher Officer,
e-mail: msl@botgard.ru*

P.E. MOKHNACHEV – research assistant,
e-mail: mohnachev74@mail.ru*

* Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Address:
620134, 32A, Bilimbaevskaya Str., Yekaterinburg, Russia;
Phone:+7 (343)322-56-47;

Keywords: *experimental forest cultures, radial growth, technogenic pollution.*

Chronic technogenic pollution near large industrial enterprises lead to death or severe damage to forest ecosystems. Forest ecosystems around industrial plants create ecologically favorable environment. The recovery of the victims and preserve the damaged forest ecosystems resulting from technogenic pollution is an important task in the way of improvement and stabilization of ecological conditions. This is especially important in the industrial developed area of the city of Satka in Chelyabinsk region. A powerful source of air pollution has been in Satka the Plant “Magnezit”. A major component of industrial waste into the atmosphere, is magnesite dust, consisting mainly of magnesium oxide. The aim of our study was to assess the negative impact of aerial technogenic emissions of the Plant “Magnezit” on radial growth *Pinus sylvéstris* L. Our studies were conducted near the town of Satka Chelyabinsk region on the experimental cultures *Pinus sylvéstris* L., in the pollution gradient. The differences in the radial growth of the experimental cultures *Pinus sylvéstris* L. was carried out using the generalized tree-ring chronologies. Data tree-ring analysis showed that the dynamics of radial growth *Pinus sylvéstris* L. in the area of Plant Magnezit depend on the effects of aerial technogenic emissions of the plant, which has a negative effect on growth. The higher the level of contamination, the more reduced growth.

Введение

Длительные аэротехногенные выбросы вблизи крупных промышленных центров приводят к гибели или сильному повреж-

дению зелёных насаждений, в то время как насаждения выполняют важные защитные, эстетические функции и вносят значительный вклад в улучшение

и стабилизацию экологической обстановки, особенно в городских и пригородных районах [1–5]. Следовательно, восстановление погибших и сохранение

поврежденных насаждений в результате техногенного загрязнения является важной задачей на пути улучшения и стабилизации экологической обстановки. Особенно это важно в промышленно развитых районах, к которым относится и район г. Сатки Челябинской области. Мощным источником аэротехногенного загрязнения в г. Сатка является комбинат «Магnezит». Основной компонент аэротехногенных отходов, попадающих в атмосферу, – магнезитовая пыль, состоящая главным образом из окиси магнезия. Окись магнезия хорошо гидратируется, образуя при соединении с водой слабую щелочь $Mg(OH)_2$ [6]. Загрязнение в данном районе щелочного типа. В градиенте загрязнения по мере приближения к комбинату «Магнезит» установлено увеличение pH снеговой воды и почвы, массы взвешенных веществ и содержание тяжелых металлов в снеговой воде [7, 8]. В данном районе установлено ухудшение состояния естественных сосновых древостоев [9] и опытных культур [10–12], снижение надземной фитомассы [13], увеличение ксероморфности листьев и содержания Mg в листьях [14] опытных культур *Betula pendula* Roth, слабое влияние данного загрязнения на посевные качества семян *Pinus sylvestris* L. [15]. Вследствие этого целью наших исследований являлась оценка негативного воздействия аэротехногенных выбросов магнезитового производства на радиальный прирост сосны обыкновенной.

Объект и методика исследований

Наши исследования проводились в окрестностях г. Сатка Челябинской области на трех опытных участках (ОУ) в зоне сильного загрязнения – ОУ № 2, среднего загрязнения – ОУ № 5 и слабого загрязнения – ОУ № 4 (условно-контрольный участок). Район г. Сатка расположен в центральной части подзоны хвойно-широколиственных и южно-таежных хвойных лесов лесной зоны Южного Урала [16]. Объекты наших исследований – опытные лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные рядовой посадкой в 1980–1983 гг. Уральской лесной опытной станцией ВНИИЛМ. При закладке опытных участков в зоне сильного загрязнения использовали следующие мелиоранты: торф слоем 2 см, слабый раствор серной кислоты (для снижения показателя pH почвы), удобрение NPK. Все обследованные участки размещены на северо-востоке от источника выбросов и согласно розе ветров находятся в зоне основного сноса пыли [17]. Все опытные участки находятся в сходных лесорастительных условиях. Отбор кернов проводился шведским возрастным буровом на высоте около 30 см от шейки корня по два с каждого дерева. Сбор, транспортировку и первичную обработку кернов проводили по стандартным методикам, принятым в дендрохронологии. Измерение ширины годичных колец выполнено на измерительном комплексе LINTAB 6 с точностью

0,01 мм. Все годичные кольца перекрестно датировались визуально и в пакете TSAP-WIN [18]. Контроль качества перекрестного датирования осуществлялся статистическими показателями, рассчитываемыми в пакете TSAP-WIN. На основе индивидуальных хронологий строились обобщенные древесно-кольцевые хронологии.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе обследования опытных культур установлено, что через 30 лет после посадки сосна обыкновенная сохранилась во всех зонах загрязнения. В зоне сильного загрязнения культуры сосны обыкновенной сохранились лишь в варианте с торфом слоем 2 см. Установлено, что с увеличением техногенной нагрузки у опытных культур сосны обыкновенной снижаются средние показатели роста. В зоне сильного загрязнения в варианте с торфом слоем 2 см средний диаметр сосны обыкновенной меньше на 40%, а средняя высота на 54% по сравнению с соответствующими показателями на контрольном участке (табл. 1).

Для оценки влияния аэротехногенного загрязнения на радиальный прирост на основе индивидуальных хронологий были построены обобщенные древесно-кольцевые хронологии сосны обыкновенной, находящейся в зоне сильного, среднего загрязнения и в фоновых условиях. Основные статистические характеристики радиального прироста приведены в табл. 2. Из данных

Таблица 1

Table 1

Характеристика (*Pinus sylvestris* L.)
Characteristics (*Pinus sylvestris* L.)

№ ОУ № ES	Расстояние от комбината, км Distance from plant, km	Вариант Variant	Индекс повреждения Average index of damage of stands	Дефолиация Average defoliation, %	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Средняя высота, м Average height, m
Зона сильного загрязнения Zone of strong pollution						
2	1	Торф 2 см Peat 2 cm	3,75±0,10	72±3,1	9,7±0,50	5,9±0,26
Зона среднего загрязнения Zone of average pollution						
5	3	Без мелиоранта Without meliorant	2,66±0,08	45±2,04	7,2±0,33	6,9±0,20
Контроль Control						
4	10	Без мелиоранта Without meliorant	1,13±0,06	10±1,71	16,1±0,52	12,7±0,27

Таблица 2

Table 2

Статистические характеристики обобщенных хронологий приростов
Statistical characteristics of generalized chronologies of growth

Характеристики Characteristics		ОУ № 2 ES № 2	ОУ № 5 ES № 5	ОУ № 4 ES № 4
Количество образцов The number of samples	N	22	58	28
Длина сегмента The length of the segment	LEN	28	27	28
Минимальное значение, 1/100 мм The minimum value, 1/100 mm	MIN	23	65	224
Среднее значение, 1/100 мм The average value, 1/100 mm	MEAN	171	198	311
Максимальное значение, 1/100 мм The maximum value, 1/100 mm	MAX	474	358	446
Коэффициент вариации The coefficient of variation	V	0,73	0,42	0,22
Стандартное отклонение The standard deviation	STDV	125,5	83,4	68,2
Автокорреляция 1-го порядка Autocorrelation of the 1st order	AC (1)	0,63	0,63	0,43
Коэффициент чувствительности The sensitivity coefficient	Kr	0,27	0,25	0,17
Средний межсерийный коэффициент корреляции Mercurially average correlation coefficient	R _M	0,92	0,63	0,63
Отношение сигнала к шуму Signal-to-noise ratio	SNR	253	99	48
Оценка надежности хронологии Expressed Population Signal	EPS	1,00	0,99	0,98

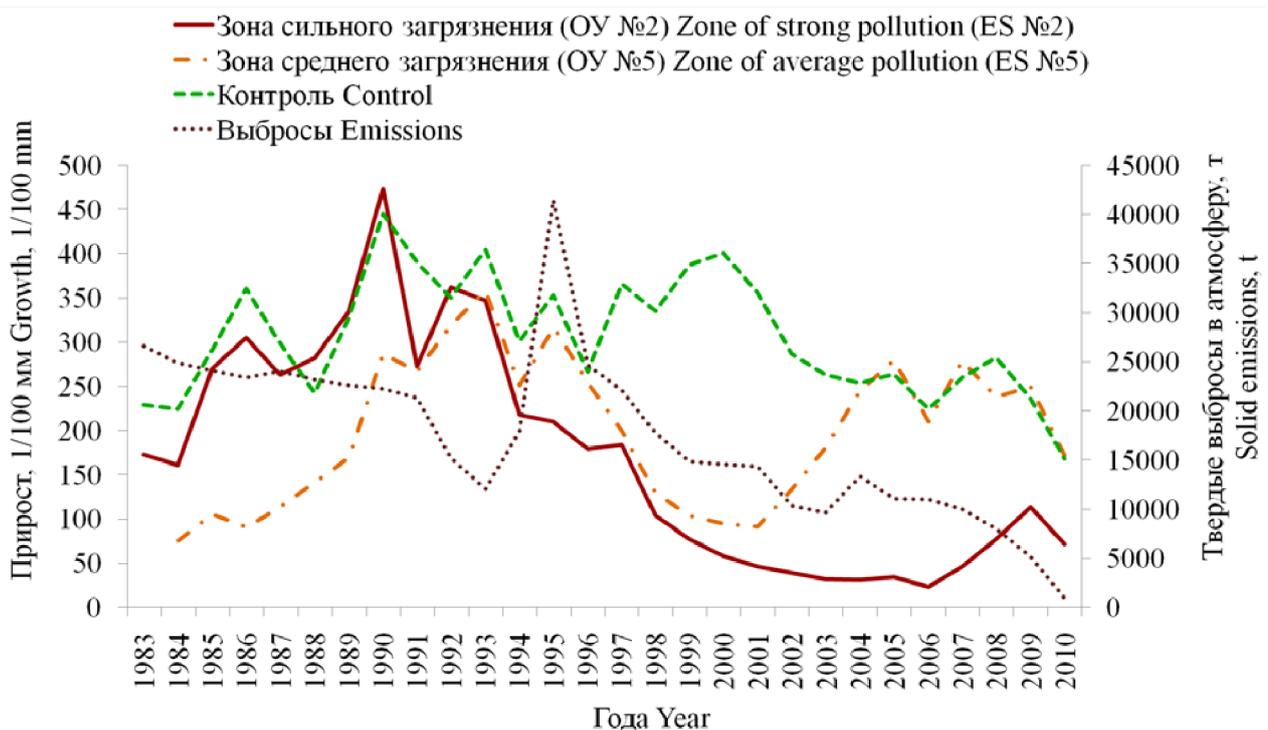
таблицы видно, что при приближении к источнику выбросов и, соответственно, увеличении степени загрязнения средние значения абсолютных приростов уменьшаются, а все остальные статистические характеристики увеличиваются. Следовательно, прирост на загрязненном участке в большей степени зависит от внешних условий. Это подтверждается высокой межсерийной корреляцией и отношением сигнала к шуму (оценивающим долю общего сигнала).

Сравнение хронологий в градиенте загрязнения показывает различия в приростах годовичных колец (рисунок). Хронология радиального прироста сосны обыкновенной, растущей в непосредственной близости от комбината на ОУ № 2, характеризуется сни-

жением приростов после 1994 г. В периоде до 1994 г. (это первые 10 лет роста) прослеживаются высокие приросты. Рост культур на данном участке в данный период схож с ростом культур на контрольном участке ОУ № 4 и превышает прирост культур на ОУ № 5 из зоны среднего загрязнения.

Отсутствие отрицательной реакции радиального прироста сосны обыкновенной на ОУ № 2 в условиях воздействия сильного аэротехногенного загрязнения в этот период можно объяснить положительным влиянием низинного торфа, внесенного при посадке культур на данном участке. Низинный торф сглаживает действие аэротехногенного загрязнения комбината «Магнит».

Во втором периоде (после 1994 г.) наблюдаем резкое снижение приростов в зоне сильного загрязнения. После этого года прирост ОУ № 2 в зоне сильного загрязнения стал меньше, чем прирост на ОУ № 5 в зоне среднего загрязнения, а по сравнению с приростом на контрольном участке (ОУ № 4) различие стало ещё больше увеличиваться. Мы считаем, что к этому периоду влияние низинного торфа на культуры закончилось. Средняя ширина годовичного кольца за этот период стала в 3 раза меньше, чем таковая на контрольном участке. Прирост на ОУ № 5 в зоне среднего загрязнения стал снижаться с 1996 до 2000 г. Снижение прироста в данные годы мы можем объяснить резким повышением объемов твердых



Хронологии радиальных приростов в градиенте загрязнения при одинаковом плодородии почв
Chronologies of radial increment in the pollution gradient under the same soil fertility

выбросов комбината в атмосферу в 1994–1998 гг. (см. рисунок). После 2000 г. прирост на ОУ № 5 стал увеличиваться и к 2004 г. дошёл до уровня контрольного участка (ОУ № 4). Это связано со снижением объёмов твердых выбросов в атмосферу в результате снижения производства с 1998 г. в период кризиса.

Выводы

Данные древесно-кольцевого анализа показывают, что динамика радиального прироста сосны обыкновенной в окрестностях комбината «Магнезит» зависит от воздействий аэротехногенных выбросов комбината, которые оказывают негативное действие на прирост. Чем выше уровень загрязнения, тем больше снижается прирост. Внесение торфа

при посадке культур в качестве мелиоранта позволило снизить негативное влияние аэротехногенных выбросов комбината в первые 10 лет жизни и сохранить культуры до наших дней. Следовательно, на загрязнённых аэротехногенными выбросами магnezитового производства участках можно создавать культуры сосны обыкновенной с применением низинного торфа.

Библиографический список

1. Юсупов И.А., Луганский Н.А., Залесов С.В. Состояние искусственных сосновых молодняков в условиях аэропромвыбросов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1999. 185 с.
2. Хайретдинов А.Ф., Залесов С.В. Введение в лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.
3. Ценопопуляции лесных и луговых видов растений в антропогенно нарушенных ассоциациях Нижегородского Поволжья и Поветлужья / С.В. Залесов, Е.В. Невидомова, А.М. Невидомов, Н.В. Соболев. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. 204 с.
4. Залесов С.В., Бачурина А.В., Бачурина С.В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления [Электронный ресурс]. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017.
5. Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н., Колтунов Е.В. Содержание тяжелых металлов в почве и хвое сосны обыкновенной в лесопарках Екатеринбурга // Леса России и хоз-во в них. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. № 1 (29). С. 238–246.
6. Носырев В.И. Вредное воздействие магnezитовой пыли на древесную растительность // Лесн. хоз-во. 1962. № 1. С. 18–21.
7. Менщиков С.Л., Кузьмина Н.А., Мохначев П.Е. Воздействие атмосферных выбросов магnezитового производства на почвы и снеговой покров // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2012. № 5 (37). С. 221–224.
8. Кузьмина Н.А., Менщиков С.Л. Влияние аэротехногенных выбросов магnezитового производства на химический состав снеговой воды и почвы в динамике // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2015. № 6 (56). С. 192–196.
9. Завьялов К.Е. Состояние сосновых древостоев зелёной зоны г. Сатка, подверженных аэротехногенным выбросам магnezитового производства // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2015. № 6 (56). С. 57–59.
10. Завьялов К.Е., Менщиков С.Л. Состояние березовых культур в условиях магnezитового загрязнения // Аграрн. Россия. 2009а. Спец. выпуск. С. 60–61.
11. Завьялов К.Е. Состояние искусственных насаждений березы повислой (*Betula pendula Roth*) в условиях магnezитового загрязнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Завьялов К.Е. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009б. 16 с.
12. Оценка повреждения опытных культур (*Pinus sylvestris L.*, *Betula pendula Roth*, *Larix sukaczewii Dul.*) в условиях загрязнения комбинатом «Магнезит» на Южном Урале / К.Е. Завьялов, С.Л. Менщиков, П.Е. Мохначев, Н.А. Кузьмина // Леса России и хоз-во в них. 2016. № 4 (59). С. 35–41.

13. Завьялов К.Е., Менщиков С.Л. Надземная фитомасса опытных культур берёзы повислой в условиях загрязнения магнезитовой пылью // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2010. № 4 (28). С. 27–30.
14. Завьялов К.Е. Морфология и химический состав листьев опытных культур берёзы повислой (*Betula Pendula Roth*) в условиях магнезитового загрязнения // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 3 (41). С. 230–232.
15. Мохначев П.Е., Махнева С.Г., Менщиков С.Л. Особенности репродукции сосны обыкновенной (*Pinus silvestris L.*) в условиях загрязнения магнезитовой пылью // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 3 (41). С. 8–9.
16. Колесников Б.П. Леса Челябинской области // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. С. 125–157.
17. Менщиков С.Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнезитовых запылений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Менщиков С.Л. Свердловск, 1985. 20 с.
18. Rinn F. TSAP. Reference manual. Version 3.0. Heidelberg, 1996. 263 p.

Bibliography

1. Yusupov I.A., Lugansky N.A., Zalesov S.V. State of artificial pine young stands in terms of Agroprombiznes. Yekaterinburg: Ural state forest acad., 1999. 185 p.
2. Khairtdinov A. F., Zalesov S.V. Introduction to forestry. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2011. 202 p.
3. TSE-dopopulate forest and meadow species of plants in anthropogenically disturbed-governmental associations of the Nizhny Novgorod Volga region and Povetluzhye / S.V. Zalesov, E.V. Nevidimov, A.M. Nevidimov, N.V. Sobolev. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2013. 204 p.
4. Zalesov S.V., Bachurina A.V., Bachurina S.V. State of forest stands exposed to industrial pollutants, ZAO “Karabash copper” and the reaction of the components to the operations update [Electronic resource]. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2017.
5. Zalesov S.V., Laisheva R.N., Koltunov E.V. The Content of heavy metals in the soil and needles of Scots pine in the forest parks of Yekaterinburg // Russian Forest and farm them. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2007. № 1 (29). P. 238–246.
6. Nosyrev V.I. Harmful effects of magnesite dust on wood vegetation // Forestry Journal. 1962. № 1. P. 18–21.
7. Menshikov S.L., Kuzmina N.A., Mohnachev P.E. Influence of atmospheric emissions of magnesite production on soils and snow cover // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2012. № 5 (37). P. 221–224.
8. Kuzmina, N.A., Menshchikov S.L. Influence of aero technogenic emissions of magnesite production on the chemical composition of snow water and the soil in dynamics // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2015. № 6 (56). P. 192–196.
9. Zavyalov K.E. Sostoyaniye of pine forest stands of a green zone Satka, subject to aero technogenic emissions of magnesite production // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2015. № 6 (56). P. 57–59.
10. Zavyalov, K.E., Menshikov S.L. Condition of birch cultures in the conditions of magnesite pollution // Agricultural Russia. 2009a. Special issue. P. 60–61.
11. Zavyalov K.E. Condition of artificial plantations of the silver birch (*Betulapendula Roth*) in the conditions of magnesite pollution: avtoref. dis ... cand. agric. Sciences. Yekaterinburg, 2009b. 16 p.
12. Damage assessment of experimental cultures (*Pinus sylvestris L.*, *Betula Pendula Roth*, *Larix sukaczewii Dyl.*) in the conditions of pollution of the Magnezit Plant in the southern Urals / K.E. Zavyalov, S.L. Menshikov, P.E. Mohnachev, N.A. Kuzmina // The Woods of Russia and economy in them. 2016. № 4 (59). P. 35–41.
13. Zavyalov K.E., Menshikov S.L. Overground phytomass of pilot cultures of the birch in conditions of magnesite dust pollution // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2010. № 4 (28). P. 27–30.

14. Zavyalov K.E. Morphology and chemical composition of leaves of pilot cultures of the silver birch (*Betula Pendula Roth*) in the conditions of magnesite pollution // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2013. № 3 (41). P. 230–232.
 15. Mohnachev P.E., Makhniova S.G., Menshikov S.L. Features of reproduction of the Scotch pine (*Pinus silvestris L.*) in the conditions of pollution by magnesite dust // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2013. № 3 (41). P. 8–9.
 16. Kolesnikov B.P. Forests of Chelyabinsk region // Forests of the USSR. M, 1969. V. 4. P. 125–157.
 17. Menshikov S.L. Research of ecological features of growth and reasons for agrotechnology of creation of cultures of coniferous breeds in the conditions of magnesite dust: avtoref. diss. ... cand. agricult. Sciences. Sverdlovsk, 1985. 20 p.
 18. Rinn F. TSAP. Reference manual. Version 3.0. Heidelberg, 1996. 263 p.
-

УДК 577.118, 574.23, 575.2

СООТНОШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЛИСТЬЯХ БЕЛЫХ БЕРЕЗ ВДОЛЬ ВЫСОТНОГО ГРАДИЕНТА СЕВЕРНОГО УРАЛА

В.Д. ГОРБУНОВА – старший инженер, тел. 8(908)921-70-11,
e-mail: botgarden.gor@yandex.ru*

А.К. МАХНЕВ – доктор биологических наук, профессор,
тел. 8(343)322-56-29, e-mail: afrmah@rambler.ru*

* «ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН»,
620134 Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а

Ключевые слова: *Betula pendula*, *Betula pubescens*, макроэлементы, азот, высотная изменчивость.

Изучена закономерность содержания основных макроэлементов и соотношение N:P:K в листьях *Betula pendula Roth* и *Betula pubescens Ehrh.* вдоль высотного градиента г. Конжаковский камень (Северный Урал), а также погодичная, межпопуляционная и индивидуальная изменчивость. Обнаружены противоположные тенденции двух видов по содержанию общего азота в листьях – увеличение с высотой у *Betula pubescens* и снижение у *Betula pendula*. Обнаружена также различная тенденция двух видов по накоплению фосфора и калия. Содержание калия и фосфора в листьях *B. pendula* снижалось от контроля к верхней границе горно-лесного пояса в отличие от *B. pubescens*, где наблюдалось стабильное содержание калия в листьях вдоль высотного градиента. Вероятно, пониженная температура почвы тормозит поступление макроэлементов в растения, что проявляется в уменьшении общего содержания азота, фосфора и калия в листьях *B. pendula* в высотном градиенте. Сходство двух видов проявилось в стабильном содержании магния и натрия вдоль высотного градиента и снижении содержания магния. Суммарное содержание макроэлементов в листьях *B. pubescens* увеличивалось от горно-лесного до тундрового пояса в отличие от *B. pendula*, где обнаружена обратная направленность, при этом тенденция сохранялась за два года исследования. Также у двух видов изменялось соотношение N:P:K в сторону повышения содержания азотистых соединений с увеличением высоты произрастания при снижении соотношения фосфора и калия в листьях. Таким образом, увеличение доли азота в листьях двух видов берез может свидетельствовать о повышении продуктивности обоих видов в высотном градиенте, несмотря на значительное снижение общего содержания азота у березы повислой.

THE RATIO OF NUTRIENTS IN THE LEAVES OF WHITE BIRCH TREES ALONG AN ALTITUDINAL GRADIENT OF THE NORTHERN URALS

V.D. GORBUNOVA – senior engineer, phone: 8(908)921-70-11,
e-mail: botgarden.gor@yandex.ru*

A.K. MAKHNEV – doctor of biological sciences, professor,
phone: 8(343)322-56-29 e-mail: afrmah@rambler.ru*

* FSBES «Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences»
620134, Russia, Yekaterinburg, Bilimbaevskaya str., 32a

Keywords: *Betula pendula*, *Betula pubescens*, macroelements, nitrogen, altitude variability

The regularity of the content of the nutrients and the ratio N:P:K in the leaves of *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh along the high-altitude gradient of the mountain of the Northern Urals (Konzhakovsky Kamen mountain) were studied, as well as the annual, interpopulation and individual variability. The studied species of birch showed different strategies for nutrient accumulations. We found an increasing of nitrogen contents in the leaves of *B. pubescens* along Konzhakovsky Kamen mountain altitude and the highest foliar nitrogen concentrations at the tundra. Compared with the leaves of *B. pubescens*, where a stable content of potassium in the leaves along the altitudinal gradient was observed, significant decreasing of content nitrogen, phosphorus and potassium in the leaves of *B. pendula* along altitude gradient was found. Probably, the lowered soil temperature inhibits the entry of nutrients into plants, which is manifested in a decrease in the total content of nitrogen, phosphorus and potassium in *B. pendula* leaves in a high-altitude gradient. The similarity of the two species was manifested in a stable content of magnesium and sodium along the altitudinal gradient and a decreasing of the magnesium content. The total content of nutrients in the leaves of *B. pubescens* increased from the mountain forest to the tundra zone, in contrast to *B. pendula*, where a reverse orientation was detected, while the trend persisted for two years of study. Also, in two species, the ratio of N:P:K was changed toward increasing the nitrogenous compounds content with an increase in the growth height, with a decrease in the ratio of phosphorus and potassium in the leaves. Probably, an increasing of the proportion of nitrogen in the leaves of two species of birch shows of an increase in the productivity of both species in a high-altitude gradient, despite a significant decrease in the total nitrogen content of silver birch.

Введение

Проблемы роста и адаптации растений являются центральными в физиологии, агрономии и лесоводстве. От приспособленности растений к конкретным почвенно-климатическим условиям в основном зависит продуктивность насаждений. Литературные данные показывают взаимосвязь продуктивности древесных пород и содержания биофильных элементов в ассимилирующих органах растений, при этом наиболее показательной оценкой является не общее

содержание элементов, а их соотношение [1]. Было показано, что соотношение N:P:K является не только показателем уровня минерального питания, но также характеризует функциональное состояние растений [2].

Сложные взаимные влияния климатических, геохимических и связанных с ними биотических факторов обуславливают изменчивость химического состава растений (органические соединения и образующие их химические элементы), который, в свою очередь, дополнительно опреде-

ляется и их видовой принадлежностью [3]. Представители рода *Betula* являются одной из основных лесобразующих пород России и занимают более половины всей площади, находящейся под листовыми древесными породами. Благодаря широкому распространению виды березы являются хорошим объектом для изучения влияния экологических факторов, таких как температура, на химический состав листьев. А изучение изменчивости биохимических и физиологических показателей вдоль высотного

градиента может являться одним из подходов для выявления механизмов адаптации к условиям среды. Так, например, литературные данные показывают увеличение концентрации азота в листьях *B. pubescens* в высотном градиенте [4]. Предполагается, что повышенная концентрация азота в листьях высокогорных саженцев березы пушистой является генетически определенной и имеет адаптивное значение в холодной среде [5].

Особый интерес представляет изучение популяций березы высокогорных областей. Жесткие климатические условия, ставящие горные экосистемы в один ряд с такими «крайними для существования жизни» ценозами, как зональные тундры и арктические пустыни, способствовали формированию сходных черт биоты высоких широт и высокогорий.

Таким образом, целью данного исследования являлось изучение содержания и соотношения азота (N), фосфора (P), калия (K), кальция (Ca), магния (Mg) и натрия (Na) в листьях *Betula pendula* Roth и *Betula pubescens* Ehrh. в зависимости от поясной зональности в условиях высокогорья (Северный Урал).

Объекты и методы исследования

Конжаковский Камень (59°37'9" с.ш., 59°8'11" в.д.) – высочайшая точка южной части Северного Урала (1569 м). Климат района является холодным, избыточно влажным и характеризуется коротким и умеренно теплым летом, длинной и холодной

зимой, очень ранним установлением снежного покрова (с конца сентября). Годовое количество осадков в горно-таежном поясе – 500–700 мм, а в вышележащих поясах повышается и достигает 1200 мм. Средняя скорость ветра в течение года колеблется от 2,4 до 4,5 м/с и увеличивается с высотой до 8–9 м/с в гольцовой части. Горно-лесной пояс поднимается до высоты 850–900 м н.у.м., где преобладают темнохвойные леса, от 900 до 1000 м расположен подгольцовый пояс, который представлен в нижней части куртинами сомкнутых лесов в сочетании с горными лугами, выше – островными мелколесьями и низкотравными пустошами и в самой верхней части – отдельными группами деревьев на фоне горно-тундровых сообществ. Широко распространенная в горных лесах береза пушистая замещается близкородственным видом – березой извилистой (*Betula tortuosa* Ledeb.). Верхнюю часть гор (выше 100 м) занимает горно-тундровый пояс [6]. Почвы горно-тундровые, слабообразованные, каменисто-суглинистые, часто со следами оглеения.

Исследования проводились в течение двух лет во всех горных поясах г. Конжаковский Камень и на контроле (наиболее типичный для данной области тип леса). Растительный материал был собран в 2006 и 2008 гг., для изучения индивидуальной изменчивости брались по 15 деревьев каждого вида с нижней трети кроны с южной экспозиции во всех горных поясах. Листья *B. pubescens* отбирались на контроле, нижней

и верхней границах горно-лесного пояса, в подгольцовом и тундровом поясах, *B. pendula* – на контроле и на нижней и в верхней границах горно-лесного пояса. Определение содержания общего азота выполняли с помощью автоматического анализатора азота по Кьельдалю UDK 152 (Velp scientifica), калия, кальция, магния, натрия и фосфора из одной навески мокрым озолением и последующим определением калия на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-300, фосфора – спектрофотометрическим методом с молибденовой синью [7]. Результаты пересчитывались в соотношение элементов. Полученный материал был проанализирован с помощью метода статистического анализа в программе Statistica 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Выявлены особенности накопления основных макроэлементов в листьях берез двух исследованных видов вдоль высотного градиента г. Конжаковский Камень, внутривидовая изменчивость содержания и соотношения азота, фосфора, кальция, магния, натрия и калия, а также межвидовые отличия.

Обнаружена различная направленность двух видов в изменении химического состава листьев с увеличением высоты произрастания. Содержание азота в листьях *B. pubescens* повышалось вдоль высотного градиента от контроля к тундре. Так, в 2006 г. содержание азота

в листьях *B. pubescens* увеличилось от 22,04 мг/г на контроле до 30,7 мг/г в тундре, где достигло максимального значения (табл. 1). В 2008 г. максимальное содержание азота обнаружено также в тундровом поясе – 39,1 мг/г, что достоверно отличалось от остальных поясов высотного ряда. На нижней границе горно-лесного пояса оказалось наименьшее содержание азота в листьях – 27,7 мг/г.

Выявлены межвидовые различия и высотная изменчивость

содержания фосфора в листьях *B. pubescens*. В 2006 г. достоверных различий между поясами не обнаружено, в 2008 г. выявлены различия данного показателя среди горных поясов (см. табл. 1). Обнаружено максимальное содержание фосфора в тундровом поясе (11,9 мг/г), что достоверно отличается от контроля (9,1 мг/г), нижней границы горно-лесного пояса (10,6 мг/г) и подгольцового пояса (9,5 мг/г). При изучении погодичной изменчивости обнаружены достоверные различия

по содержанию фосфора во всех точках высотного ряда. Во всех случаях содержание фосфора в 2008 г. выше, чем в 2006 г.

В отличие от *B. pubescens* у *B. pendula* наблюдается тенденция уменьшения содержания изучаемых макроэлементов в листьях с увеличением высоты произрастания. В 2006 г. содержание азота в листьях *B. pendula* уменьшалось вдоль высотного градиента от контроля до верхней границы горно-лесного пояса (табл. 2). Максимальное

Таблица 1

Table 1

Содержание макроэлементов в листьях *B. pubescens*
Content of nutrients in the leaves of *B. pubescens*

Горные пояса Mountain belts	Параметры Parameter	Азот Nitrogen		Фосфор Phosphorus		Калий Potassium		Кальций Calcium		Магний Magnesium		Натрий Sodium	
		2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008
Контроль Control site	Ср, мг/г Mean, mg/g	22,04	29,94	6,74	9,08	5,19	10,14	6,64	8,03	4,16	6,17	1,32	2,22
	V, %	11	13	16	19	48	15	15	20	0,11	12	35	40
Горно-лесной, нижняя граница Mountain-forest belt, lower boundary	Ср, мг/г Mean, mg/g	21,68	27,73	6,31	10,63	6,11	7,94	8,3	6,06	4,98	7,18	1,67	2,72
	V, %	5,5	9	25	11	26	20	17	12	18	11	43	30
Горно-лесной, верхняя граница Mountain-forest belt, higher boundary	Ср, мг/г Mean, mg/g	24,81	25,71	6,4	6,78	4,77	8	5,18	7,06	5,61	6,4	1,55	2,28
	V, %	8	17	9	15	36	39	27	11	13	7,5	57	75
Подгольцовый Podgoltzovy	Ср, мг/г Mean, mg/g	27,88	35,4	6,28	9,48	5,71	9,27	6,03	5,83	4,58	7,24	1,56	2,35
	V, %	11	15	14	13	24	21	20	15	12	16	50	70
Тундра Mountain tundra	Ср, мг/г Mean, mg/g	30,66	39,13	7,09	11,89	5,3	8,4	4,07	4,39	5,11	7,33	1,57	2,59
	V, %	15	10	15	14	30	17	28	24	12	10	48	37

Таблица 2

Table 2

Содержание макроэлементов в листьях *B. pendula*
Content of nutrients in the leaves of *B. pendula*

Горные пояса Mountain belts	Параметры Parameter	Азот Nitrogen		Фосфор Phosphorus		Калий Potassium		Кальций Calcium		Магний Magnesium		Натрий Sodium	
		2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008
Контроль Control site	Ср, мг/г Mean, mg/g	23.98	27.24	8.44	8.67	5.57	8.91	7,99	8.33	4,72	6.31	1,68	2.1
	V, %	7	10	11	20	43	27	22	16	10	17	29	59
Горно-лесной, нижняя граница Mountain-forest belt, lower boundary	Ср, мг/г Mean, mg/g	20.29	25.73	7.07	9.44	3,65	5.9	6,83	4.99	5,18	6.87	1,33	1.78
	V, %	6	12	11	10	28	18	20	29	15	8	20	39
Горно-лесной, верхняя граница Mountain-forest belt, higher boundary	Ср, мг/г Mean, mg/g	19.75	24.02	5.79	6.52	3	7.14	6,46	5.69	4,23	5.99	1,25	2.07
	V, %	10	8	11	18	47	19	17	15	18	10	6,4	50

содержание азота обнаружено на контроле – 23,98 мг/г, наименьшее – 19,7 мг/г – на верхней границе горно-лесного пояса. В 2008 г. содержание азота в листьях *B. pendula* также уменьшалось с увеличением высоты произрастания.

Данный показатель составлял 27,24 мг/г на контроле, уменьшился до 25,7 мг/г на нижней границе горно-лесного пояса и до 24,0 мг/г на верхней границе горно-лесного пояса.

Обнаружена также различная тенденция двух видов по накоплению фосфора и калия. Содержание калия в листьях *B. pendula* снижалось от контроля к верхней границе горно-лесного пояса в отличие от *B. pubescens*, где наблюдалось стабильное со-

держание калия в листьях вдоль высотного градиента. Известно, что снижение температуры корнеобитаемого пространства задерживает поглощение зольных веществ, фосфора и азота [8]. Вероятно, пониженная температура почвы тормозит поступление макроэлементов в растения, что проявляется в уменьшении общего содержания азота, фосфора и калия в листьях *B. pendula* в высотном градиенте.

Оба вида показали достоверное снижение содержания кальция вдоль высотного градиента: у березы пушистой – от 6,64 мг/г на контроле до 4,07 мг/г в тундре в 2006 г. и от 8,03 мг/г на контроле до 4,39 мг/г в тундре в 2008 г., у березы повислой – от 7,99 мг/г и 8,33 мг/г на контро-

ле до 6,46 мг/г и 5,69 мг/г в нижней границе горно-лесного пояса в 2006 и 2008 гг. соответственно. Также сходство двух видов проявилось в стабильном содержании магния и натрия вдоль высотного градиента, при этом нет достоверных отличий погодичной изменчивости двух видов, где содержание магния и натрия в 2008 г. превышает таковое в 2006 г. во всех точках высотного ряда.

Процентное соотношение азота, фосфора и калия в листьях определялось также видовой принадлежностью и зависело от экологических факторов. Процентное соотношение элементов рассчитывалось как соотношение элемента к сумме азота, фосфора и калия. Выявлено,

что общее содержание макроэлементов в листьях зависело от высоты произрастания вида. Суммарное содержание макроэлементов в листьях *B. pubescens* увеличивалось от горно-лесного до тундрового пояса в отличие от *B. pendula*, где обнаружена обратная направленность, при этом тенденция сохранялась за два года исследования (табл. 3).

Так же как и общее содержание элементов минерального питания, процентное соотношение азота в листьях берез на нижних границах высотного ряда (контроль и нижняя граница) достоверно отличалось от такового в высших точках (тундры и подгольцового пояса), также достоверные отличия найдены между двумя годами исследования. Тем не менее, по данным ряда исследова-

вателей, соотношение N:P:K в растениях данного вида в условиях адаптации не зависит от географических и почвенно-климатических условий и является видовым генотипическим признаком [9].

Несмотря на обнаруженную тенденцию березы повислой к уменьшению общего содержания азота в листьях с высотой произрастания, соотношение азота к фосфору и калию увеличивается, как и у березы пушистой, и достоверно не отличается между видами. Оба вида отличались направленным изменением соотношения N:P:K в сторону увеличения содержания азотистых соединений с ухудшением экологических условий, при этом соотношение фосфора и калия в листьях снижалось или

не изменялось. По литературным данным, снижение продуктивности древесных пород сопровождается уменьшением в листьях или хвое доли азота при некотором увеличении (уменьшении) фосфора и калия [1]. Таким образом, увеличение доли азота в листьях двух видов берез может свидетельствовать о повышении продуктивности обоих видов в высотном градиенте, несмотря на значительное снижение общего содержания азота у березы повислой. Высокую концентрацию азота в листьях объясняют тенденцией высокогорных растений запасать питательные вещества, подобная стратегия предполагается как способ адаптации растений к среде с недостатком питательных веществ [10].

Таблица 3

Table 3

Соотношение азота, фосфора и калия в листьях *B. pubescens* и *B. pendula*
The ratio of nitrogen, phosphorus and potassium in the leaves of *B. pubescens* и *B. pendula*

Горный пояс Mountain belts	Год Year	Сумма N+P+K мг/г Total N+P+K, mg/g		Азот (%) Nitrogen		Фосфор (%) Phosphorus		Калий (%) Potassium	
		<i>B. pub</i>	<i>B. pen</i>	<i>B. pub</i>	<i>B. pen</i>	<i>B. pub</i>	<i>B. pen</i>	<i>B. pub</i>	<i>B. pen</i>
Контроль Control site	2006	34,0	38,0	65,2	63,3	19,9	22,3	14,9	14,4
	2008	49,7	44,4	59,3	61,0	20,2	20,0	20,5	19,0
Горно-лесной, нижняя граница Mountain-forest belt, lower boundary	2006	34,1	31,0	63,8	65,4	18,4	22,8	17,8	11,8
	2008	46,6	39,5	59,0	60,8	24,0	24,2	17,0	15,0
Горно-лесной, верхняя граница Mountain-forest belt, higher boundary	2006	36,0	28,5	69,0	69,2	17,8	20,5	13,2	10,3
	2008	40,5	37,8	63,5	62,0	17,0	19,1	19,5	18,9
Подгольцовый Podgoltzovy	2006	39,9	–	69,9	–	15,8	–	14,3	–
	2008	53,1	–	65,4	–	18,0	–	16,6	–
Тундра Mountain tundra	2006	43,0	–	71,0	–	16,7	–	12,3	–
	2008	58,8	–	64,3	–	21,4	–	14,3	–

Выводы

Различная направленность изменения содержания макроэлементов у двух видов вдоль высотного градиента, вероятно,

связана с экологическими особенностями видов.

Выявленное увеличение доли азота вдоль высотного градиента может показывать повыше-

ние продуктивности двух видов, несмотря на снижение содержания общего азота у березы повислой.

Библиографический список

1. Беляев А. Б., Щеглов Д. И. Листовая диагностика продуктивности древесных пород // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2012. № 2. С. 125–131.
2. Вахмистров Д.Б., Воронцов В.А. Избирательная способность растений не направлена на обеспечение их максимального роста // Физиология растений. 1997. Т. 44, № 3. С. 404–412.
3. Митрофанов Д.П. Химический состав лесных растений Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 119 с.
4. Karlsson P.S. and Nordel K.O. Intraspecific variation in nitrogen status and photosynthetic capacity within mountain birch populations // Holarct Ecol. 1988. С. 293–297.
5. Weih Martin and P. Staffan Karlsson. Growth response of altitudinal ecotypes of mountain birch to temperature and fertilization // Ecologia. 1999. С. 16–23.
6. Динамика подгольцовых древостоев на склонах Серебрянского Камня (Северный Урал) в последние столетия / П.А. Моисеев, А.А. Баргыш, А.В. Горяева, Н.Б. Кошкина, З.Я. Нагимов, В.А. Галако. Красноярск: Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2008. XXV, № 1–2. С. 21–27.
7. Методическое руководство по ускоренному анализу золы растений и определению азота / Карел. науч. центр АН СССР, Ин-т леса. Петрозаводск, 1990. 45 с.
8. Коровин А.И., Сычева З.Ф., Барская Т.А. Влияние температуры почвы в онтогенезе растений на поглощение ими фосфора и азота // Роль минеральных элементов в обмене веществ и продуктивности растений. М., 1964. С. 311–313.
9. Лавриченко В.М., Журбицкий З.И. Соотношение элементов питания в растениях как видовое генотипическое явление // Агрохимия. 1976. № 9. С. 135–141.
10. Chapin et al. The ecology and economics of storage in plants // Annu Rev. Ecol. Syst. 1990. С. 423–447.

Bibliography

1. Belyaev AB, Shcheglov DI The leaf diagnostics of the productivity of tree species // Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2012. № 2. P. 125–131.
2. Vakhmistrov D.B., Vorontsov V.A. The selective capacity of plants is not aimed at ensuring their maximum growth // Physiology of plants. 1997. P. 44, № 3. P. 404–412.
3. Mitrofanov D.P. Chemical composition of forest plants in Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1977. 119 p.
4. Karlsson P.S. and Nordel K.O. Intraspecific variation in nitrogen status and photosynthetic capacity within mountain birch populations // Holarct Ecol. 1988. P. 293–297.
5. Weih Martin and P. Staffan Karlsson. Growth response of altitudinal ecotypes of mountain birch to temperature and fertilization // Ecologia. 1999. P. 16–23.
6. The dynamics of the podgoltsovy stands on the slopes of the Serebryansky Stone (Northern Urals) in the last centuries / P.A. Moiseev, A.A. Bartys, A.V. Goryaeva, N.B. Koshkin, Z.Y. Nagimov, V.A. Galako. Krasnoyarsk: Siberian state univ. of science and technology named after academician M.F. Reshetnev, 2008. XXV, № 1–2. P. 21–27.
7. Methodological guidelines for accelerated analysis of plant ash and nitrogen determination / Karel. Scientific tsentr an SSSR, Institute of forest. Petrozavodsk, 1990. 45 p.

8. Korovin A.I., Sycheva Z.F., Barskaya T.A. Influence of soil temperature in plant ontogeny on the absorption of phosphorus and nitrogen by them // The role of mineral elements in the metabolism and productivity of plants. M., 1964. P. 311–313.
 9. Lavrichenko V.M., Zhurbitsky Z.I. The ratio of nutrients in plants as a species genotypic phenomenon // Agrochemistry. 1976. № 9. P. 135–141.
 10. Chapin et al. The ecology and economics of storage in plants // Annu Rev. Ecol. Syst. 1990. P. 423–447.
-

УДК 630*173/174: 631.811.98

ВОЗДЕЙСТВИЕ СТИМУЛЯТОРА РОСТА НА СОСНУ В НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ОНТОГЕНЕЗА ПРИ ПЕСТИЦИДНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ В ЛЕСНОМ ПИТОМНИКЕ

С.К. СТЕЦЕНКО – кандидат биологических наук,
научный сотрудник лаборатории лесовосстановления,
защиты леса и лесопользования,
e-mail: stets_s@mail.ru*

Е.М. АНДРЕЕВА – кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории лесовосстановления,
защиты леса и лесопользования,
e-mail: e_m_andreeva@mail.ru*

Г.Г. ТЕРЕХОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории лесовосстановления,
защиты леса и лесопользования,
e-mail: terekhov_g_g@mail.ru*

* ФБГУН Ботанический сад Уральского отделения РАН, 620134,
Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а; тел.: +7(343) 322-56-31.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, проростки, сеянцы, лесной питомник, Вэрва, раундап, глифосат.

Одним из важных факторов успешного искусственного лесовосстановления является качественный посадочный материал. Интенсивные технологии получения сеянцев в лесных питомниках основаны на применении различных высокоактивных средств химического ухода, таких как пестициды и стимуляторы роста. Использование биостимуляторов в питомниках, где для борьбы с сорной растительностью применяют гербициды, может оказывать на сеянцы дополнительное влияние, характер которого пока неизвестен. Цель работы – изучение совместного применения пестицида раундап и биостимулятора Вэрва на сосну (*Pinus sylvestris* L.) на начальных стадиях роста.

В лабораторных условиях при выращивании сеянцев на агар-агаре показано, что снижение длины проростков при одновременном присутствии в среде препарата Вэрва и раундапа происходит за счет уменьшения длины корня.

Почвенные условия оказывают существенное влияние на характер совместного воздействия раундапа и стимулятора в отношении сосны, приводя к снижению активности гербицида вследствие его быстрой адсорбции и увеличению высоты стволика. В полевом эксперименте применение биостимулятора на загрязненном фоне привело к увеличению доли аномальных сеянцев по сравнению с таковым на контроле. Сделано заключение о необходимости дальнейших исследований эффективности и разработки регламента применения стимуляторов роста в загрязненной пестицидами почве лесных питомников.

THE EFFECT OF THE GROWTH STIMULATOR ON PINE IN THE INITIAL STAGE OF ONTOGENESIS AT PESTICIDE CONTAMINATION OF SOIL IN THE FOREST NURSERY

S.K. STETSENKO – candidate of biological sciences, researcher,
e-mail: stets_s@mail.ru*

E.M. ANDREEVA – candidate of biological sciences, senior researcher,
e-mail: e_m_andreeva@mail.ru*

G.G. TEREKHOV – doctor of agricultural science, leading researcher,
e-mail: terekhov_g_g@mail.ru*

* Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 620134,
Russia, Yekaterinburg, ul. Bilimbaevskaya, 32a; Phone: +7(343) 322-56-31

Key words: pine, seedling, forest nursery, Verva, roundup, glyphosate

One of the important factors of successful artificial reforestation is a reliable planting material of trees. Intensive technologies for producing seedlings in forest nurseries are based on the use of various highly active chemical care products, such as pesticides and growth stimulants. Applying of biostimulants in nurseries, where herbicides are used to control weeds, can have the additional influence on the seedlings, the nature of which is not yet known. The purpose of the study was to determinate the influence of the joint application of the roundup and the biostimulator Verva to pine (*Pinus sylvestris* L.) in the initial stages of growth.

The laboratory experiment with the growing seedlings on agar-agar has shown that a decrease in the length of seedlings at the presence of Verva and roundup occurs due to a decrease in the root length.

Soil conditions have a significant influence on the joint nature of the roundup and stimulant on the pine, leading to a decrease in herbicide activity, due to its rapid adsorption, and an increase in the stem height. The field experiment has found, the use of the biostimulator on the contaminated background led to an increase in the proportion of abnormal seedlings in comparison with the control. The conclusion is made about the need for further studies of the effectiveness and development of the regulation in the applying of growth stimulants in soil contaminated by pesticides in forest nurseries.

Введение

Значительное место в лесовосстановлении и лесоразведении отводится искусственному способу. Неслучайно уральскими учеными накоплен значительный опыт в создании и выращивании лесных культур в различных лесорастительных условиях [1–5].

Одним из факторов, влияющих на успешность искусственного лесовосстановления, является качественный посадочный материал. Однако выращивание сеянцев в лесных питомниках может осложняться в связи с дей-

ствием ряда обстоятельств: неблагоприятных погодных условий, нарушений почвенного питания, низкой всхожести семян и пр., что в конечном итоге приводит к отставанию сеянцев по биометрическим параметрам, предъявляемым к стандартному посадочному материалу. Вовремя исправить подобное развитие ситуации может использование химических препаратов – стимуляторов роста. Вещества подобного действия уже много лет используются в практике лесного хозяйства (гиббереллины,

гетероауксин и т.д.) Кроме того, разработаны критерии необходимости применения стимуляторов роста [6, 7]. Список подобных соединений постепенно обновляется, постоянно ведется разработка экологически безопасных недорогих препаратов отечественного производства.

В лесных питомниках широко используются пестициды для борьбы сорной растительностью (гербициды), с заболеваниями (фунгициды). Побочным отрицательным последствием их применения является реакция хвойных

растений на эти соединения, которая, как было установлено ранее [8], выражается в нарушении роста и развития семян. Применение биологически активных веществ, таких как биостимуляторы, может оказывать на семена дополнительное влияние, характер которого при пестицидном загрязнении почвы требует изучения. В связи с этим важно исследовать, каким образом влияет совместное применение пестицидов и биостимуляторов на хвойные породы, выращиваемые в питомниках.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель данного исследования – изучение совместного применения пестицида и биостимулятора на состояние и морфометрические показатели семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на начальных стадиях роста.

Совместное действие гербицида раундап (действующее вещество глифосат) и стимулятора роста Вэрва проводили в лабораторных условиях, а также в мелкоделяночном опыте в Березовском производственном питомнике (Свердловская область, Березовское лесничество, подзона южно-таёжных лесов Среднего Урала, почва участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая [9]).

Биопрепарат Вэрва разработан в Институте химии Коми НЦ УрО РАН и получен из древесной зелени пихты. Его действующим веществом являются тритерпеновые кислоты ланостановой структуры. Он оказывает стиму-

лирующее влияние на рост растений и обладает фунгицидными свойствами [10].

Задачей лабораторного эксперимента было установление эффекта воздействия гербицида и стимулятора на семена сосны обыкновенной без учета внешних факторов среды.

В лабораторных условиях семена перед посевом замачивали в растворе препарата Вэрва (дозы обработки: 0,05; 0,10 и 0,25 мл / 1 кг семян) и выращивали на 0,8% агар-агаре в чашках Петри. В агар-агар добавляли раундап, дозы – 1,0; 3,0 л/га. Повторность опыта 3-кратная. Выращивание семян проводили в камере роста Sanyo-351H (температура 24°C, свет 3 lx, влажность 70%). На 14-й день у семян измеряли длины (см) проростка, гипокотила и корня.

В условиях полевого опыта семена перед посевом замачивали на 6 ч в растворах препарата Вэрва с концентрациями 0,1 и 0,25 мл/кг. Посев семян сосны обыкновенной проводили на участке, почву которого предварительно обрабатывали раундапом в дозе, принятой для однократного применения при ее предпосевной подготовке в производственных посевах – 3 л/га (по д.в.). Контролем был вариант выращивания семян сосны без применения раундапа и без обработки семян стимулятором. В конце вегетационного сезона семена были выкопаны, у них измеряли высоту стволика и длину корня. По морфологическому облику семена разделяли на нормальные и тератоморфные [11].

Статистическая обработка полученных данных проведена с применением программы Statistica 6.0.

Результаты исследования

В испытаниях, проведенных в лабораторных условиях, при выращивании на агар-агаре длина проростков сосны составила $5,6 \pm 0,13$, а корня – $2,1 \pm 0,12$ см [12]. Добавление в среду роста раундапа привело к достоверному снижению этих показателей (рис. 1). Присутствие раундапа в среде привело к тому, что при обработке семян препаратом Вэрва наблюдалось уменьшение длин проростков и корня. Самые низкие показатели длины проростка отмечены в варианте с концентрацией стимулятора 0,1 мл/кг семян в присутствии раундапа, хотя не всегда различия достоверны. Снижение длины проростка наблюдалось с увеличением внесённой дозы раундапа, при этом на длину гипокотила у проростка концентрация раундапа не влияла. Следовательно, сокращение размеров проростков в присутствии препарата Вэрва и пестицида в большей степени происходило за счет снижения длины корня. При дозе раундапа 3 л/га размеры корешков были достоверно ниже, чем в варианте с содержанием раундапа 1 л/га.

Рекогносцировочное исследование показало, что при выращивании семян сосны в производственном питомнике предпосевная обработка семян биопрепаратом Вэрва привела к увеличению линейных параметров однолетних семян

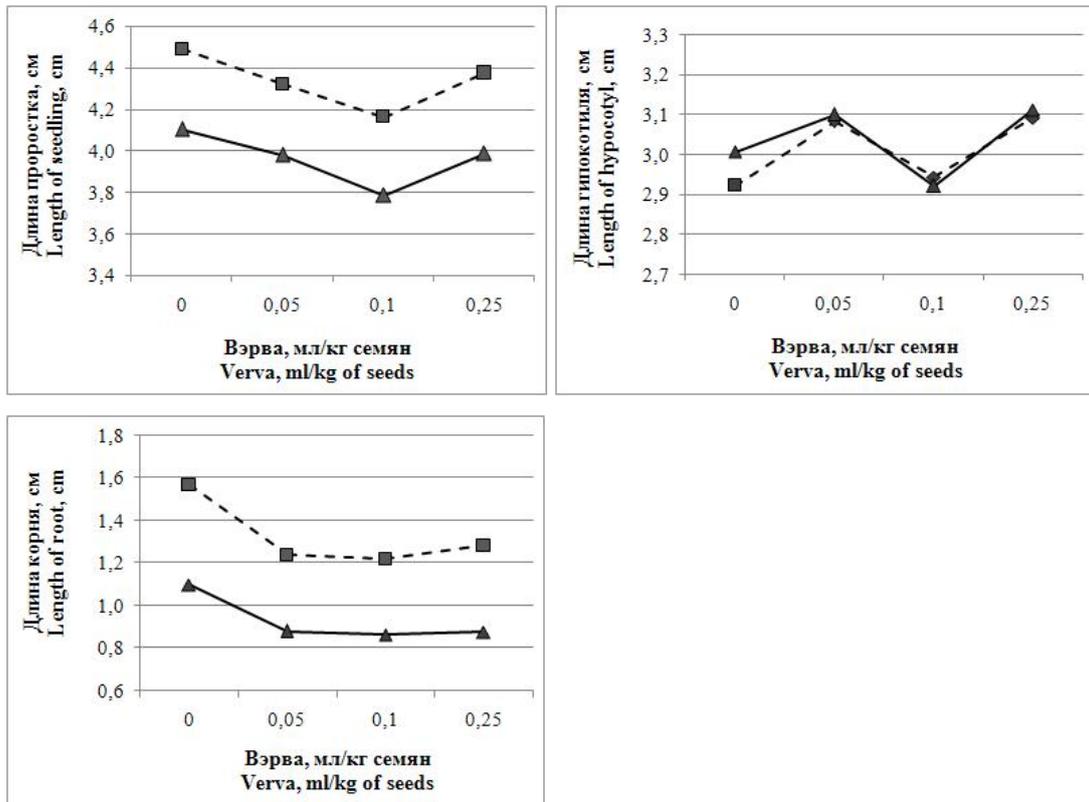


Рис. 1. Длина проростка, гипокотыля и корня у сеянцев на 14-й день при выращивании на агар-агаре с разными концентрациями раундапа в лабораторных условиях
 Fig. 1. The length of the seedling, the hypocotyl and the root of the 14-th day pine seedlings in agar-agar with different doses of Roundup in the laboratory experiment

сосны по сравнению с таковыми в контрольном варианте. Так, при обработке семян препаратом в дозе 0,1 мл/кг высота сеянцев выросла на 81,4%, а длина корня – на 22,4% по сравнению с таковыми на контроле. Доза

препарата Вэрва 0,25 мл/кг приводила к увеличению названных выше параметров в среднем на 40%.

В проведенном эксперименте самая большая высота стволиков и длина корней была установлена

в контрольном варианте (рис. 2). Предпосевная обработка почвы раундапом привела к снижению линейных параметров сеянцев. Достоверно наименьшая высота стволика была зафиксирована у сеянцев в варианте с раундапом

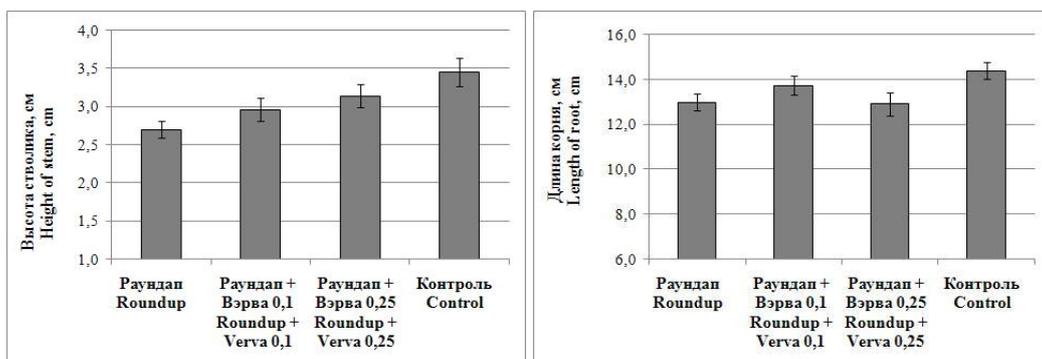


Рис. 2. Высота стволика и длина корня у 1-летних сеянцев сосны при выращивании в питомнике
 Fig. 2. The stem height and root length of 1-year-old pine seedlings in the forest nursery

без стимуляторов роста. Сеянцы, выращенные из семян, обработанных препаратом Вэрва, имели промежуточные значения высоты. Длина корня сеянцев была наименьшей в вариантах с раундапом и в комплексе «раундап + Вэрва, 0,25 мл/кг семян». Таким образом, добавление стимулятора в полевом эксперименте в отличие от такового в лабораторных испытаниях привело к увеличению размеров стволика на загрязненном фоне, что объясняется вероятным снижением подвижной формы раундапа в почвенной среде вследствие его сильной адсорбционной способности [13]. Последнее позволяет предположить, что доза раундапа, взаимодействовавшая со стимулятором, могла быть значительно ниже тех, что испытывались в лабораторном эксперименте.

Ранее было показано, что обработка почвы раундапом приводит к увеличению доли аномальных сеянцев сосны в посеве, для которых характерно наличие дополнительных побегов и многовершинность [11]. В контрольном варианте доля 1-летних сеянцев нормального фенотипа составила 84,5%, тогда как в вариантах, где добавляли раундап и биостимулятор, доля таких сеянцев не превышала 65%.

Выводы

1. Было установлено, что обработка семян биостимулятором Вэрва и выращивание сосны в присутствии раундапа в среде оказывает влияние на размеры и морфологическое развитие 1-летних сеянцев сосны.

2. В лабораторных экспериментах совместное использо-

вание гербицида и стимулятора роста привело к торможению роста двухнедельных проростков сосны главным образом за счет уменьшения размеров корешков.

3. Почвенные условия лесного питомника оказывают существенное влияние на характер совместного воздействия раундапа и стимулятора в отношении сосны, приводя к снижению активности гербицида вследствие его быстрой адсорбции и увеличению высоты стволика на загрязненном фоне.

Проведенные эксперименты показали, что необходимы дальнейшие исследования, которые позволят оценить эффективность и разработать регламент применения стимуляторов роста в загрязненной пестицидами почве лесных питомников.

Библиографический список

1. Рекомендации по лесовосстановлению и лесоразведению на Урале / В.Н. Данилик, Р.П. Исаева, Г.Г. Терехов, И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, В.Н. Луганский, Н.А. Луганский. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2001. 117 с.
2. Фрейберг И.А., Залесов С.В., Толкач О.В. Опыт создания искусственных насаждений в лесостепи Зауралья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 121 с.
3. Искусственное лесоразведение вокруг г. Астаны / С.В. Залесов, Б.О. Азбаев, А.В. Данчева, А.Н. Рахимжанов, М.Р. Ражанов, Ж.О. Суюндиков // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: www.science-education.ru/118-13438
4. Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.А. Зверев, А.С. Оплетаев, А.А. Терин // ИВУЗ. Лесн. жур. 2013. № 2. С. 66–73.
5. Опыт создания лесных культур на солончах хорошей лесопригодности / С.В. Залесов, О.В. Толкач, И.А. Фрейберг, Н.Ф. Черноусова // Экология и пром-сть России. 2017. № 9. С. 42–47.
6. Наставления по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках Уральского региона. М., 1998. 172 с.
7. Оценка целесообразности применения ростовых препаратов при выращивании сеянцев хвойных пород / С.А. Родин, Н.Е. Проказин, В.И. Казаков, Е.Н. Лобанова, Н.В. Пентелькина // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. второй Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. В.М. Гедьо. СПб., 2017. С. 134–136.

8. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения: моногр. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 73 с.
9. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области: практич. руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
10. Хуршкайнен, Т.В., Кучин А.В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве // Изв. Коми науч. центра УрО РАН. 2011. № 5. С. 17–23.
11. Аномалия сеянцев сосны и ели в лесных питомниках / И.А. Фрейберг, А.М. Бирюкова, М.В. Ермакова, Н.А. Кислицына // Лесн. хоз-во. 1997. № 1. С. 34–35.
12. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород / Е.М. Андреева, С.К. Стеценко, А.В. Кучин, Г.Г. Терехов, Т.В. Хуршкайнен // Лесотехн. жур. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 10–19.
13. Cox C. Glyphosate (Roundup) // J. Pesticide Reform. 1998. Vol. 18. № 3. P. 3–16.

Bibliography

1. Recommendations for reforestation and afforestation in the Urals / V.N. Daniluk, R.P. Isaeva, G.G. Terekhov, I.A. Freiberg, S.V. Zalesov, V.N. Lugansky, N.A. Lugansky. Yekaterinburg: Ural state forest acad., 2001. 117 p.
 2. Freiberg I.A., Zalesov S.V., Tolkach O.V. Experience of creation of artificial plantations in the forest-steppe of Zauralye. Yekaterinburg: Ural state forest Univ., 2012. 121 p.
 3. Artificial afforestation around Astana / S.V. Zalesov, B.O. Azbaev, A.V. Dancheva, A.N. Rakhimzhanov, M.R. Rozanov, J.O. Suyundikov // Modern problems of science and education. 2014. № 4. UBL: www.science-education.ru/118-13438
 4. The formation of artificial plantations in zolootvala Reftinskaya GRES / S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, A.A. Zverev, A.S. Opletaev, A.A. Thurin // IVUZ. Forest magazine. 2013. № 2. P. 66–73.
 5. Experience creating forest cultures on the salt good mesoprosodes / S.V. Zalesov, O.V. Tolkach, I.A. Freiberg, N.F. Chernousova // Ecology and industry of Russia. 2017. № 9. P. 42–47.
 6. Manuals for the growing of wood and shrubby species material in forest nurseries in the Ural region. Moscow, 1998. 172 p.
 7. Evaluation of the advisability the using growth preparations to planting seedlings of coniferous species / S.A. Rodin, N.E. Prokazin, V.I. Kazakov, E.N. Lobanova, N.V. Pentelkina // Forests of Russia: politics, industry, science, education. Mather. the second Intern. scientific and technical conference / Edited by V.M. Gediot. St. Petersburg, 2017. P. 134–136.
 8. Freiberg I.A., Yermakova M.V., Stetsenko S.K. Modification forms of pine under conditions of pesticide contamination. Yekaterinburg : Ural Branch of RAS, 2004. 73 p.
 9. Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. Forest vegetation conditions and forest types of the Sverdlovsk region. UNTS of Academy of science of the USSR. Sverdlovsk, 1973. 176 p.
 10. Hurshkainen T.V., Kuchin A.V. Woodchemistry for innovation in agriculture // Proceedings of the Komi Scientific Center, Ural Branch of Russian Academy of Sciences. 2011. № 5. P. 17–23.
 11. Anomaly of seedlings of pine and spruce in forest nurseries / I.A. Freiberg, A.M. Biryukova, M.V. Ermakova, N.A. Kislitsyna // Forest management. 1997. № 1. P. 34–35.
 12. The influence of growth-promoting factors obtained from natural material on softwood germs / E.M. Andreeva, S.K. Stetsenko, A.V. Kutchin, G.G. Terekhov, T.V. Khurshkainen // Forestry Engineering Journal. 2016. V. 6. № 3 (23). P. 10–19.
 13. Cox C. Glyphosate (Roundup) // J. Pesticide Reform. 1998. Vol. 18. № 3. P. 3–16.
-
-

УДК 504.054*574.24*631.53.011

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЯНЦЕВ *PINUS SILVESTRIS* L.
В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ**

П.Е. МОХНАЧЕВ – младший научный сотрудник,
e-mail: mohnachev74@mail.ru*

С.Г. МАХНЕВА – кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
e-mail: makhniovasg@mail.ru*

С.Л. МЕНЩИКОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник, заведующий лабораторией ЭТРС,
e-mail: msl@botgard.uran.ru*

К.Е. ЗАВЬЯЛОВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
научный сотрудник,
e-mail: zavyalov.k@mail.ru

Н.А. КУЗЬМИНА – младший научный сотрудник,
e-mail: yarkaya05@mail.ru*

А.М. ПОТАПЕНКО – кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: anto_ha86@mail.ru,

ГНУ «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»,
246001, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Пролетарская, д. 71,
тел: +375 (232) 75-45-41

* ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН»,
620144, Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская 32а,
тел.: 8(343) 322-56-49

Ключевые слова: *аэротехногенное загрязнение, сосна обыкновенная, почва, грунтовая всхожесть семян, сеянцы.*

Длительное техногенное загрязнение среды может приводить к аккумуляции компонентов техногенных эмиссий в почве, что изменяет ее свойства и является значимым фактором влияния на наземные экосистемы. Техногенные выбросы цементных и магнезитовых производств, сжигания углей в России улавливаются не в полной мере, слабо утилизируются. Между тем щелочная техногенная трансформация почв оказывает на хвойные леса негативное воздействие и может приводить к их полной деградации. Настоящая работа посвящена исследованию влияния техногенно загрязненных почв выбросами магнезитового производства на всхожесть семян и развитие сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). Выявлено, что под влиянием данного типа выбросов происходит подщелачивание почвы, увеличивается содержание обменного магния, соотношения Mg^{++}/Ca^{++} , а также некоторых тяжелых металлов. В условиях загрязненных почв снижается всхожесть семян, выживаемость и морфометрические показатели сеянцев. Сеянцы сосны, выращенные в почвах из зон магнезитового загрязнения, имеют несколько измененный фенотип, характеризуются меньшими приростами по высоте и по диаметру, меньшей охвоенностью побегов.

**FEATURES OF DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF PINUS SILVESTRIS L.
IN ANTHROPOGENIC CONTAMINATED SOILS**

P.E. MOKHNACHEV – the junior researcher,
e-mail: mohnachev74@mail.ru*

S.G. MAKHNIOVA – candidate of biological sciences, senior researcher,
e-mail: makhniovasg@mail.ru*

S.L. MENSCHIKOV – doctor of agricultural sciences,
senior researcher, head of the laboratory of EAPC,
e-mail: msl@botgard.ru*

K.E. ZAVYALOV – candidate of agricultural sciences, research officer,
e-mail: zavyalov.k@mail.ru*

N.A. KUZMINA – the junior researcher,
e-mail: yarkaya05@mail.ru*

A.M. POTAPENKO – candidate of agricultural sciences, senior research,
e-mail: anto_ha86@mail.ru,
SSE «Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus»,
246001, Republic of Belarus, Gomel, Proletarskaya str., 71,
tel: +375 (232) 75-45-41

* FSBES «Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences»,
620134, Russia, Yekaterinburg, Bilimbaevskaya str., 32a,
tel.: 8(343) 322-56-49

Key words: *anthropogenic pollutions, Scots pine, soil, dirt seed germination, seedlings*

A long man-made pollution may lead to accumulation of components of anthropogenic emissions in the soil, which changes its properties and is a significant factor of influence on terrestrial ecosystems. Anthropogenic emissions of the cement and magnesite industries, coal combustion in Russia captured not fully, poorly utilized. Meanwhile, alkaline anthropogenic transformation of soils in coniferous forests is having a negative impact and can lead to their complete degradation. This work is devoted to research of influence of technogenic contaminated soil by emissions of a magnesite production on seed germination and development of seedlings of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). It is revealed that under the influence of this type of emissions occurs alkalization of the soil, increases the content of exchangeable magnesium, the ratio of Mg^{++}/CA^{++} and also some heavy metals. In terms of contaminated soils reduced germination of seeds, survival and morphometric parameters of seedlings. The pine seedlings grown in the soils of the zones of magnesite contamination, are slightly changed phenotype, characterized by smaller increments in height and diameter, the number of needles.

Введение

В современном мире аэротехногенное загрязнение окружающей природной среды является постоянно действующим экологическим фактором [1–5]. Наибольшая доля загрязняющих веществ из воздушной среды

в конечном итоге аккумулируется в почве, в верхних слоях которой, как правило, наблюдаются их максимальные концентрации [6–8]. Именно верхние органо-генные горизонты лесных почв – основной источник питания растений в бореальных лесах [9].

Изучение воздействия техногенно загрязненных почв на рост и развитие молодых поколений лесообразующих видов является актуальной научной проблемой для оценки потенциальных возможностей возобновления и сохранения лесов.

Цель, объекты и методы исследований

Целью настоящего исследования является анализ влияния техногенно загрязненных почв на всхожесть семян, рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной в условиях вегетационного опыта.

Для исследований выбраны опытные участки (ОУ), расположенные в условиях аэротехногенного загрязнения выбросами комбината «Магнезит» (г. Сатка, Челябинская обл.). ОУ заложены на расстоянии 1, 3, 10 и 20 км от источника выбросов и представляют условия сильного (ОУ-2), среднего (ОУ-5) и слабого (ОУ-4) уровней загрязнения и условия фона (ОУ-К) соответственно [10, 11].

Почвенные образцы на ОУ отбирали из верхнего корнеобитаемого слоя (до глубины 15 см) по трансекте, затем образцы перемешивали, просеивали через сито с ячейкой 0,5 см, необхо-

димый объем помещали в вегетационные ящики. Из каждого ящика брали навески почвы для химических анализов. Определение концентрации веществ в почвенном растворе проводили с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра повАА 300 Analytik Jena (Германия). Шишки с семенами собирали в верхней и средней частях кроны модельных деревьев сосны из фоновых условий (не менее 40 шт. с дерева). Из шишек извлекали все семена индивидуально для каждого модельного дерева. Всхожесть и энергию прорастания семян определяли по ГОСТ 13056.6-97 [12]. В вегетационном опыте семена сеяли построчно на глубину 0,5–0,7 см. Вегетационные ящики размещали в оранжерее в равных условиях освещения, температуры и влажности. Измерения морфометрических показателей фенотипически однородных сеянцев проводили в конце 1-го и 2-го вегетационных периодов.

Полученные данные обрабатывали с помощью пакета программ Statistica 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведения химического анализа выявлено, что в условиях магнезитового загрязнения превышен на 0,97–2,62 единицы показатель рН верхнего корнеобитаемого слоя почвы (табл. 1). Анализ содержания обменных катионов в почве показал значительное увеличение обменного магния, а также соотношения Mg^{++}/Ca^{++} в условиях сильного загрязнения. В почве из зон загрязнения обнаружено превышение содержания некоторых тяжелых металлов, в первую очередь Mn и Zn (табл. 2).

Выявлено, что исследуемые семена сосны имеют высокие посевные качества: масса семян – $7,32 \pm 0,39$ г, энергия прорастания – $73,61 \pm 6,84$ %, абсолютная всхожесть – $87,50 \pm 2,09$ %.

Таблица 1
Table 1

Содержание обменных катионов и рН верхнего корнеобитаемого горизонта почв в районе магнезитового загрязнения
The contents of exchangeable cations and pH of the upper root-inhabited soil horizons in the zones of magnesite contamination

ОУ/расстояние от источника выбросов, км EP / distance to the emission source, km	Сумма Ca^{++} и Mg^{++} The amount Ca^{++} and Mg^{++}	Ca^{++}	Mg^{++}	Соотношение Mg^{++}/Ca^{++} The ratio Mg^{++}/Ca^{++}	pH_{KCL}
ОУ-2/1 EP-2/1	52,5	7,5	45	6	7,41
ОУ-5/3 EP-5/3	42,5	10	32,5	3,3	5,76
ОУ-4/10 EP-4/10	37,5	20	17,5	0,9	6,65
ОУ-К/20 EP-К/20	35	7,5	27,5	3,7	4,79

Таблица 2
Table 2

Содержание тяжелых металлов в почве
The content of heavy metals in the soil

ОУ/расстояние от источника выбросов, км EP / distance to the emission source, km	Микроэлементы, мг/кг Trace elements, mg/kg								
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
ОУ-2/1 EP-2/1	–	–	1,4	1,122	30,1	132	–	–	1,48
ОУ-5/3 EP-5/3	0,0826	0,0847	0,566	1,022	14,5	199	0,186	–	0,536
ОУ-4/10 EP-4/10	–	–	0,601	1,074	10,8	130	0,0676	–	–
ОУ-К/20 EP-К/20	–	–	1,08	1,244	16,0	106	1,47	–	–

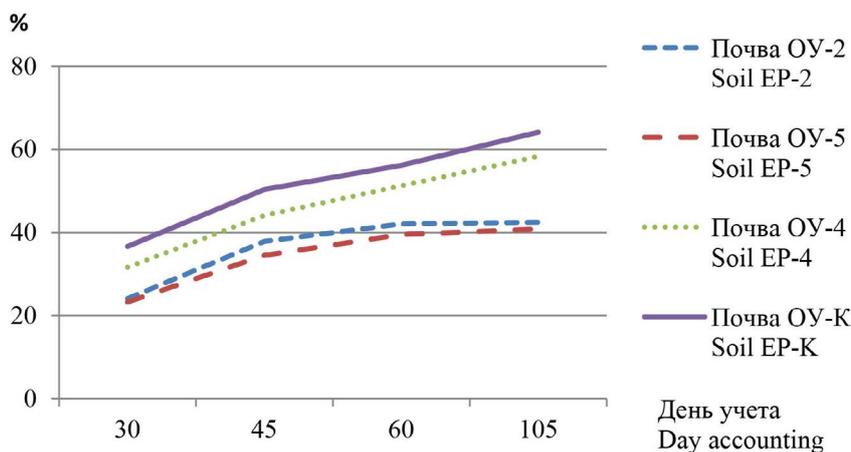


Рис. 1. Грунтовая всхожесть семян сосны
Fig. 1. Dirt germination of pine seeds

Известно, что период прорастания семян и образования проростков является наиболее критичным в жизни древесных растений [13, 14]. В результате проведения вегетационных опытов было установлено, что почвы из зон загрязнения негативно влияют на прорастание семян, показатель грунтовой всхожести на 6–23% меньше, чем в почве из фоновых условий (рис. 1). Отметим, что грунтовая всхожесть семян является очень изменчивым показателем. Уровень индивидуальной изменчивости данного показателя по классификации Мамаева С.А. [15] находится в пределах от повышенного (ОУ-4, ОУ-К) до очень высокого (ОУ-2, ОУ-5).

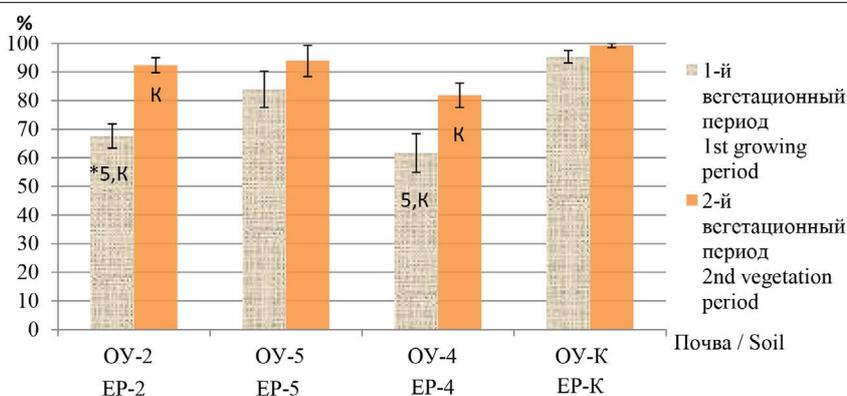


Рис. 2. Выживаемость сеянцев сосны
Fig. 2. The survival rate of pine seedlings

Неблагоприятные условия для выживания сеянцев складываются в почвах из зон сильного и слабого загрязнения (рис. 2). В данных почвах как в 1-й, так и во 2-й вегетационные периоды наблюдали наиболее низкие значения выживаемости сеянцев.

Сеянцы сосны в 1-й вегетационный период развивались следующим образом: появление

* Здесь и далее различия достоверны при $p < 0,05$ / here and below, the difference being statistically significant at $p < 0,05$.

всхода и рост гипокотыля, развертывание семядолей, развитие и рост эпикотыля и ювенильной хвои, формирование верхушечной почки.

Отмечено, что влияние любого стрессора сопровождается ингибированием роста органов растений [7]. Сеянцы сосны, выращенные в почвах из зон магнетитового загрязнения, характеризуются меньшей длиной гипокотыля и эпикотыля и, следовательно, общей длиной по сравнению с таковой у сеянцев из почвенных условий ОУ-К (рис. 3).

Во 2-й вегетационный период продолжается рост сеянца в высоту, ювенильная хвоя подсыхает, развивается вторичная (настоящая) хвоя, гипокотиль одревесневает, формируется мутовка почек на вершине. К концу 2-го вегетационного периода сеянцы, выращенные в почвах из зон загрязнения, по-прежнему отстают в росте от сеянцев из почвы фоновых условий (рис. 4), кроме того, у них формируется меньшее число пар хвои (рис. 5).

Выводы

Таким образом, техногенно загрязненные почвы негативно влияют на всхожесть семян, рост и развитие сеянцев сосны. В загрязненных почвах снижается всхожесть семян и выживаемость ювенальных растений. Сеянцы, выращенные в почвах из зон магнетитового загрязнения, имеют измененный фенотип, у них снижены ростовые показатели и охвоенность побегов. Наиболее пессимальные условия в этом отношении у почвы из зоны сильного загрязнения.

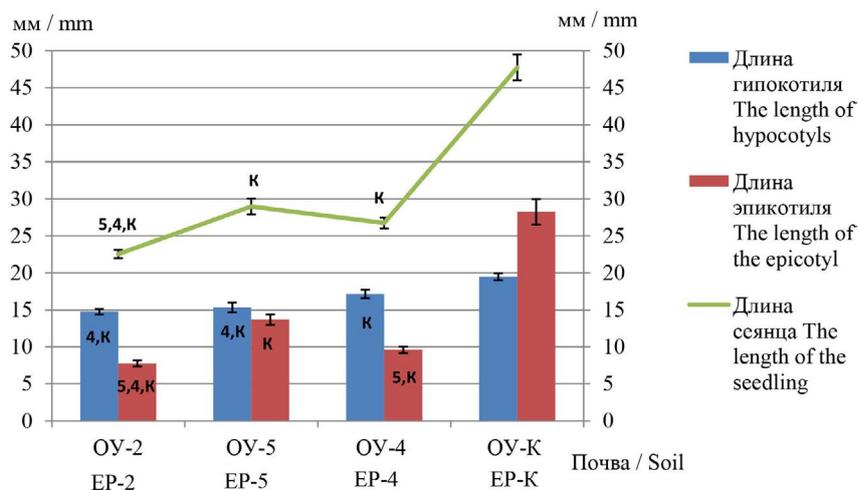


Рис. 3. Морфометрические показатели сеянцев сосны в конце 1-го вегетационного периода
 Fig. 3. Morphometric parameters of pine seedlings at the end of the 1st growing period

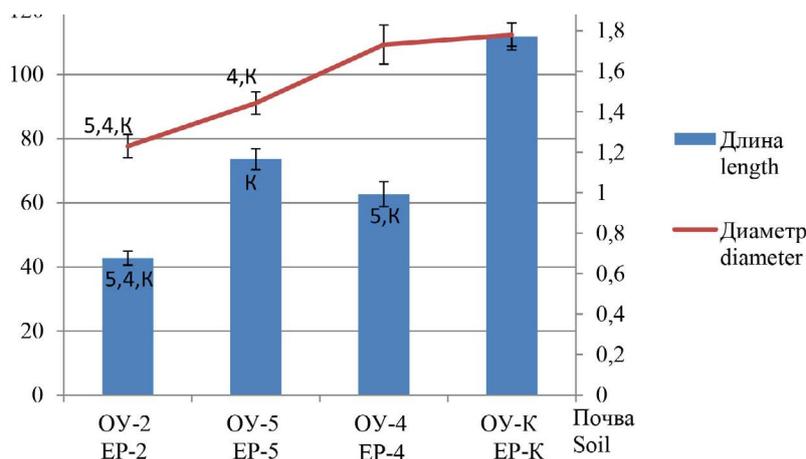


Рис. 4. Морфометрические показатели сеянцев сосны в конце 2-го вегетационного периода
 Fig. 4. Morphometric parameters of pine seedlings at the end of the 2nd growing period

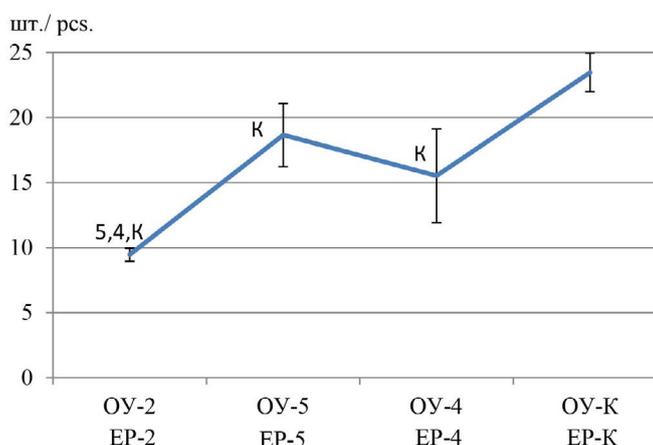


Рис. 5. Число пар хвои у сеянцев сосны
 Fig. 5. The number of pairs of needles of pine seedlings

Библиографический список

1. Юсупов И.А., Луганский Н.А., Залесов С.В. Состояние искусственных сосновых молодняков в условиях агропромвыбросов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1999. 185 с.
2. Деградация и демутация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С.В. Залесов, Н.А. Кряжевских, Н.Я. Крупинин, К.В. Крючков, К.И. Лопатин, В.Н. Луганский, Н.А. Луганский, А.Е. Морозов, И.В. Ставищенко, И.А. Юсупов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. Вып. 1. 436 с.
3. Состояние сообществ дереворазрушающих грибов в районе нефтегазодобычи / И.В. Ставищенко, С.В. Залесов, Н.А. Луганский, Н.А. Кряжевских, А.Е. Морозов // Экология. 2002. № 3. С. 175–184.
4. Влияние продуктов сжигания попутного газа при добычи нефти на репродуктивное состояние сосновых древостоев в северотаежной подзоне / Д.Р. Аникеев, И.А. Юсупов, Н.А. Луганский, С.В. Залесов, К.И. Лопатин // Экология. 2016. № 2. С. 122–126.
5. Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.
6. Хайретдинов А.Ф., Залесов С.В. Введение в лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.
7. Залесов С.В., Колтунов Е.В. Содержание тяжелых металлов в почвах лесопарков г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6 (60) С. 71–73.
8. Кислотные осадки и лесные почвы / под ред. В.В. Никонова, Г.Н. Копчик. Апатиты: Кольский НЦ РАН, 1999. 320 с.
9. Тарханов С.Н. Формы внутривидовой изменчивости хвойных в условиях атмосферного загрязнения (на примере Северо-Двинского бассейна). Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 230 с.
10. Менщиков С.Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнетитовых запылений : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Менщиков С.Л. Свердловск. 1985. 20 с.
11. Распределение деревьев опытных культур *betula pendula roth.* по ступеням толщины и уровень загрязнения почвы в зоне действия выбросов комбината «Магнезит» / С.Л. Менщиков, К.Е. Завьялов, Н.А. Кузьмина, П.Е. Мохначев, И.С. Цепордей // Успехи современного естествознания. 2016. № 10. С. 84–89.
12. ГОСТ-13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 27 с.
13. Казанцева М.Н. Особенности репродукции сосны обыкновенной в насаждениях города Тюмени и его зеленой зоне // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2005. № 5. С. 76–79.
14. Анализ ростовых процессов *Pinus sylvestris L.* на ранних стадиях онтогенеза в условиях хронического действия цинка / Ю.В. Иванов, Ю.В. Савочкин, С.И. Марченко, В.П. Иванов // Лесн. жур. 2011. № 2. С. 12–18.
15. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М: Наука, 1973. 284 с.

Bibliography

1. Yusupov I.A., Lugansky N.A., Zalesov S.V. State of artificial pine young stands in terms of Agroprombiznes. Yekaterinburg: Ural state forest acad., 1999. 185 p.
2. Degradation and democacy forest ecosystems in the conditions of oil and gas production / S.V. Zalesov, N.A. Kryazhevskikh, N.Ya. Krupenin, K.V. Kryuchkov, I.K. Lopatin, V.N. Lugansky, N.A. Lugansky, A.E. Morozov, I.V. Stasenko, I.A. Yusupov. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2002. Vol. 1. 436.
3. The state of communities of wood-destroying fungi in the area of oil and gas production / I.V. Stasenko, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky, N.A. Kryazhevskikh, A.E. Morozov // Ecology. 2002. № 3. P. 175–184.

4. Effect of products of gas flaring in oil production on the reproductive condition of pine stands in the Northern taiga subzone / D.R. Anikeev, I.A. Yusupov, N.A. Lugansky, S.V. Zalesov, I.K. Lopatin // Ecology. 2016. № 2. P. 122–126.
 5. Lugansky N.A. Zalesov S.V., Lugansky V.N. Forestry. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2010. 432 p.
 6. Khairtdinov A. F., Zalesov S.V. Introduction to forestry. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2011. 202 p.
 7. Zalesov S.V., Koltunov E.V. The content of heavy metals in soils of forest parks of Yekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 6 (60). P. 71–73.
 8. Acid precipitation and forest soils / Under the editorship of V.V. Nikonov, G. N. Koptsik. Apatity: Kola scientific center RAS, 1999. 320 p.
 9. Tarkhanov S. N. Forms of intrapopulation variability of coniferous in conditions of atmospheric pollution (on the example of the North Dvina basin). Yekaterinburg: UB RAS, 2010. 230 p.
 10. Menshikov S. L. Study of the environmental features of the growth and rationale of farming creation of cultures of conifers in the conditions of magnesite dusting : abst. dis. ... candidate. of agricultural Sciences. Sverdlovsk, 1985. 20 p.
 11. Distribution of betula pendula roth. test crops by diameter class and level of pollution of soil in the area of emissions of the JSK «Magnesite» integrated industrial complex / S.L. Menschikov, K.E. Zavyalov, N.A. Kuzmina, P.E. Mokhnachev, I.S. Tsepordey // Advances in current natural sciences. 2016. № 10. P. 84–89.
 12. State Standard-13056. 6-97. Seeds of trees and shrubs. Methods for determination of germination. Minsk: The interstate council for standardization, metrology and certification, 1998. 27 p.
 13. Kazantseva M. N. Peculiarities of reproduction of Scots pine in plantations in the city of Tyumen and its green area // Vestnik of ecology, forestry and landscape. 2005. № 5. P. 76–79.
 14. Analysis of the growth process of Pinus sylvestris L. at early stages of ontogenesis in the conditions of chronic action of zinc / Y. V. Ivanov, Y.V. Savochkin, S.I. Marchenko, V.P. Ivanov // Forest journal. 2011. № 2. P. 12–18.
 15. Mamaev S.A. Forms of intraspecific variation of woody plants. M: Science, 1973. 284 p.
-

УДК 61.183.2

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНОГО ОСИНОВОГО УГЛЯ

Е.В. ЕВДОКИМОВА – аспирантка кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620100, Екатеринбург, Сибирский тракт 37, тел. 8 (343)2629772, e-mail: yevdokimovaeaterina@gmail.com

Ключевые слова: факторы процесса активации, осиновый уголь, активные угли, адсорбционная активность.

Пиролиз как вариант переработки мягколиственной древесины является перспективным направлением переработки осины. Основной продукт пиролиза – древесный уголь (ДУ) – имеет широкую сферу применения. На основе осинового угля возможно производство такого углеродного нанопористого материала, как активный уголь (АУ).

Цель эксперимента – поиск наилучших условий активации осинового угля с высокими выходом угля и его качеством.

Для исследования использовали образец промышленного ДУ, соответствующий ГОСТ 7657 для марки Б первого сорта. В работе изучалось влияние основных факторов процесса активации (температура, удельный расход водяного пара и продолжительность процесса) на выход и качество получаемых АУ. Для определения закономерностей процессов активации применялись математические методы планирования эксперимента.

Температура процесса активации изменялась в диапазоне 820–880 °С, удельный расход водяного пара составлял 1,8–2,3 кг/кг ДУ, продолжительность активации менялась от 120 до 150 мин.

Для определения оптимальных условий активации изучалось влияние действующих факторов процесса активации на выход активного угля (%); суммарный объем пор (см³/г); содержание золы (%); адсорбционная активность по йоду (%), которые были приняты в качестве функций отклика.

Для каждой функции отклика было получено уравнение регрессии, адекватность которого проверялась по критерию Фишера.

Используемые в работе методы позволяют обработать экспериментальные данные по активации древесного угля, исследовать их свойства и строение, провести обобщение полученных результатов.

Полученные уравнения регрессии адекватно описывают влияние действующих факторов на процесс активации угля на основе осинового ДУ.

Активация осинового угля с помощью водяного пара идет быстро, что способствует формированию сорбирующих пор. Вторичная микропористая структура формируется в диапазоне температур 800–850 °С. Повышение конечной температуры пиролиза приводит к снижению удельной поверхности АУ за счет формирования вторичной мезо- и макропористой структуры. Исследования в данной области необходимо продолжить в более мягких условиях активации.

SOME FEATURE OF ACTIVE ASPEN CHARCOAL MAKING

E.V. EVDOKIMOVA – postgraduate student, Department of chemical technology of wood, biotechnology and nanomaterials Ural state forestry engineering University, 620100, Yekaterinburg, Sibirskiy trakt 37, tel. 8 (343) 2629772, e-mail: yevdokimovaekaterina@gmail.com

Key words: *factors of activation process, aspen charcoal, active carbons, adsorption activity.*

Pyrolysis as a recycling option, biofuels, is a perspective direction of aspen processing. Charcoal is the main product of pyrolysis, it has a wide field of application. Based on the aspen coal it is possible to produce such nanoporous carbon material as an active carbon.

The purpose of the experiment is to find the best activation conditions of the main coal, high coal output and its quality.

For studies samples of industrial charcoal according to GOST 7657 were used. This paper studied the main factors of the activation process, output and quality of active coals on the basis of aspen wood. To determine patterns of activation processes mathematical methods of experiment planning were applied.

Among many factors that influence the activation process, we have chosen three basic: temperature, specific consumption of water steam and duration of the activation process.

The temperature of the activation process was changed in the range of 820 to 880 °С. With specific consumption of water steam was 1.8–2.3 kg/kg charcoal, the duration of activation varied from 120 to 150 minutes.

To determine the optimum activation conditions the following factors have been studied: influence of the activation process, the yield of active carbon (%); total pore volume (cm³/g); ash content (%); adsorption activity of iodine (%), which were taken as the response functions.

For each response function it was obtained the regression equation, the adequacy of which was tested by the Fisher test.

Used methods allow to process experimental data for activated charcoal, to explore their properties and structure, to carry out generalization of the obtained results.

Regression equations adequately describes the influence of operating factors on the activation process of aspen charcoal.

Activation of aspen charcoal with water steam goes quickly, that contributes to the formation of sorbent pores. Secondary microporous structure is formed in the temperature range of 800–850 °C. An increase in pyrolysis temperature leads to a decrease in the specific surface of active charcoal, due to the formation of secondary meso- and macroporous structure. Research in this area should continue in a milder activation conditions.

Введение

Уральский Федеральный округ обладает большими ресурсами древесины мягколиственных пород, которая большей частью не используется [1–3]. Площади, занимаемые, например, осиной, увеличиваются с каждым годом.

С учетом существующих тенденций [4, 5] и по результатам исследований, проведенных ранее на кафедре химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов УГЛТУ, был предложен вариант термохимической переработки таких ресурсов [6]. В настоящее время возрастает интерес к такому перспективному направлению переработки осины, как получение древесного осинового угля, который может иметь широкую сферу применения.

На основе осинового угля возможно производство гаммы углеродных нанопористых материалов, например дробленых или порошковых активных углей. Имея природное происхождение и развитую микропористую структуру, они могут найти применение, например, в таких специфических сферах, как доочистка питьевой воды [7, 8] или пищевая промышленность [9].

Цели и методы исследований

Цель эксперимента – поиск оптимальных условий активации осинового угля с высокими выходом угля и его качеством.

Для исследования использовали образцы, полученные на модульной пиролизной ретортной установке типа МПРУ из осинового угля. Исходный осиновый уголь имел влажность 2,47 %, содержание нелетучего углерода – 85 %, зольность – 2,11 %, кажущуюся плотность – 240 г/л.

В работе изучалось влияние основных факторов процесса активации на выход и качество получаемых активных углей на основе древесины осины. Для получения адекватных моделей процесса активации был выбран план ПФЭ 2³.

Изучали действие трех основных факторов: температуры X_1 , удельного расхода водяного пара X_2 и продолжительности процесса активации X_3 . В качестве функций отклика приняты: Y_1 – выход активного угля, %; Y_2 – суммарный объем пор, см³/г; Y_3 – содержание золы, %; Y_4 – адсорбционная активность по йоду, %.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведения исследований по активации осинового угля получены данные, которые показаны в таблице.

Относительно низкий выход АУ в большинстве опытов, как мы считаем, обусловлен созданием жестких условий активации. Это же благоприятно сказалось на высокой адсорбционной активности угля по йоду, так как структура исходного осинового угля менее устойчива, чем у березового, полученного при тех же условиях. В свою очередь, устойчивость исходного угля связана с различающимся анатомическим строением березовой и осинового угля.

Влияние температуры, удельного расхода пара и продолжительности активации на выход активных углей в кодированных координатах описывается следующим уравнением:

$$Y_1 = 37,41 - 9,76X_3 + 4X_1X_2 + 4,11X_2X_3 - 5,4X_1X_2X_3.$$

Как видно из уравнения, в наших условиях на выход АУ наибольшее влияние оказывает продолжительность процесса активации и выход находится

Значения независимых переменных и функций отклика в натуральном виде
The values of the independent variables and functions in natural response

Факторы Factors			Функции отклика Response function			
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4
820	1,8	120	64,3	2,4	3,2	117
820	1,8	150	23	3,2	10,6	136
820	2,3	150	32	1,1	7,0	144
820	2,3	120	37,5	0,9	5,5	135
880	2,3	150	33,1	2,4	6,8	151
880	2,3	120	46,9	2,4	4,4	133
880	1,8	150	28,4	1,8	8,0	150
880	1,8	120	38,4	3,2	5,7	139

в обратной зависимости от совместного влияния как температуры и удельного расхода пара, так и удельного расхода пара и продолжительности процесса активации.

При рассмотрении уравнения, описывающего влияние вышперечисленных факторов на суммарный объем пор, можно отметить, что этот показатель напрямую зависит от температуры и удельного расхода пара, а также их совместного влияния. При этом влияние продолжительности процесса активации оказалось незначимым в диапазоне выбранных параметров процесса активации осинового угля.

$$Y_2 = 0,27X_1 - 0,48X_2 + 0,42X_1X_2 - 0,29X_1X_3.$$

Рассмотрим уравнение, характеризующее влияние темпе-

ратуры, удельного расхода пара и продолжительности процесса активации на содержание золы в АУ.

$$Y_3 = 6,39 - 0,48X_2 + 1,68X_3 - 0,52X_1X_3 - 0,73X_2X_3 + 0,76X_1X_2X_3.$$

Содержание золы в АУ находится в обратной зависимости от удельного расхода пара и в прямой от продолжительности процесса активации, а также совместного влияния от выбранных нами параметров активации.

Влияние выбранных факторов на адсорбционную активность АУ по йоду описывается уравнением

$$Y_4 = 137,15 + 3,43X_1 + 8,76X_3 - 3,48X_1X_2 - 5,37X_1X_3.$$

Адсорбционная активность АУ по йоду напрямую зависит от температуры и продолжитель-

ности процесса активации, при этом находится в обратной зависимости от совместного влияния температуры и удельного расхода пара, а также температуры и продолжительности процесса активации.

Выводы

Активация осинового угля с помощью водяного пара в исследованном диапазоне действующих факторов приводит к получению АУ с высокими сорбционными характеристиками. Водяной пар наилучшим образом способствует формированию сорбирующих пор. Но выход продукта при изученных условиях активации недостаточно высок, поэтому исследования необходимо продолжить в более мягких условиях активации.

Библиографический список

1. Казанцев С.Г., Залесов С.В., Залесов А.С. Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
2. Дебков Н.М., Залесов С.В., Оплетаев А.С. Обеспеченность осинников средней тайги подростом предварительной генерации (на примере Томской области) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12. С. 48–53.
3. Оплетаев А.С., Залесов С.В. Переформирование производных мягколиственных насаждений в лиственничники на Южном Урале. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 158 с.

4. Юрьев Ю.Л. Тенденции развития технологии пиролиза древесины // Леса России и хоз-во в них. 2016. № 3 (58). С. 58–63.
5. Коростелев А.С., Залесов С.В., Годовалов Г.А. Недревесная продукция леса. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 480 с.
6. Юрьев Ю.Л., Солдатов А.В. Термохимическая переработка древесины в условиях лесопромышленного предприятия // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2005. № 3. С. 113–118.
7. Юрьев Ю.Л., Дроздова Н.А., Панова Т.М. Доочистка артезианской воды с применением модифицированных древесных углей // Вестник Казан. технол. ун-та. 2013. Т. 16. № 19. С. 85–86.
8. Юрьев Ю.Л., Панова Т.М., Дроздова Н.А. Применение модифицированных древесных углей для улучшения солевого состава воды в пивоварении // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2010. № 1. С. 134–138.
9. Исследование возможности применения древесного угля для стабилизации пива / Ю.Л. Юрьев, Т.М. Панова, Н.А. Дроздова, К.Ю. Тропина // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2010. № 5. С. 120–124.

Bibliography

1. Kazantsev S.G., Zalesov S.V., Zalesov A.S. Optimization of forest management in derivative birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2006. 156 p.
 2. Dubkov N.M., Zalesov S.V., Opletaev A.S. Security aspen trees in the Middle taiga with the undergrowth of preliminary generation (on the example of Tomsk region) // Agrarian bulletin of the Urals. 2015. № 12. P. 48–53.
 3. Opletaev A.S., Zalesov S.V. Rearrangement of derivatives of softwood plantations in larch forests in the southern Urals. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2014. 158 p.
 4. Yuryev Yu.L. The development trends of technologies of pyrolysis of wood // Forest in Russia and forestry in them. 2016. № 3 (58). P. 58–63.
 5. Korostelev A.S., Zalesov S.V., Godovalov G.A. Non-timber forest products. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2010. 480 p.
 6. Yuryev Yu.L., Soldatov A.V. Thermal processing of wood in conditions of forestry enterprise // Forest magazine. 2005. № 3. P. 113–118.
 7. Yuryev Yu.L., Drozdova N. A., Panova T.M. Artesian water purification using modified wood coals // Herald of the Kazan University. 2013.16. № 19. P. 85–86.
 8. Yuryev Yu.L., Panova T.M., Drozdova N.A. Application of modified charcoals to improve salt water in brewing // Forest magazine. 2010. № 1. P. 134–138.
 9. Feasibility study on the use of charcoal to stabilize beer / Yu.L. Yuryev, T.M. Panova, N.A. Drozdova, K.Y. Tropina // Forest magazine. 2010. № 5. P. 120–124.
-
-

УДК 661.183.2

ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ ИЗ БЕРЕЗОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ ГОРЕЛЬНИКОВ

Е.В. ХАЛИМОВ – капитан внутренней службы,
преподаватель кафедры пожарной безопасности в строительстве,
e-mail: khalimov1964@mail.ru*

Т.В. ШТЕБА – кандидат технических наук,
доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов,
e-mail: shtebatv@yandex.ru*

И.К. ГИНДУЛИН – кандидат технических наук,
доцент кафедры химической технологии древесины,
биотехнологии и наноматериалов
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
e-mail: tradeek@mail.ru

* Уральский институт ГПС МЧС России

Ключевые слова: горельники, древесный уголь, нелетучий углерод, кажущаяся плотность.

Проведены исследования возможности использования березовой древесины горельников как сырья для получения древесного угля (ДУ). Для этого подготовлены образцы неповрежденной древесины и древесины горельников, взятые после пожара в лесных насаждениях поселка Шабровского Свердловской области. Пиролиз древесины проводился в диапазоне температур 400–700 °С при продолжительности 30–40 мин.

При невысокой температуре пиролиза (400 °С) выход ДУ из неповрежденной древесины существенно ниже, чем из древесины горельника, но с повышением конечной температуры пиролиза это различие сглаживается, а при температуре пиролиза выше 600 °С выход ДУ для обоих образцов различается менее чем на 1 %. Кажущаяся плотность ДУ из горельника снижается до температуры пиролиза 500 °С, а затем возрастает. Аналогичная зависимость наблюдается и для ДУ, полученного из неповрежденной пожаром древесины. Экстремальный характер изменения кажущейся плотности объясняется переходом углеродной матрицы ДУ в более упорядоченную структуру по мере повышения температуры пиролиза.

Результаты исследований показали, что для получения ДУ марки А высшего сорта из березовой древесины горельников вполне достаточна конечная температура пиролиза около 600 °С. При этом получаемый уголь имеет содержание нелетучего углерода 96 % при минимально допустимом 90 %, зольность – менее 2 % при максимально допустимой 2,5 %. С учетом существующих тенденций использования древесины невысокого качества переработка березовой древесины горельников вполне актуальна.

Такой уголь вполне может использоваться как сырьё для получения активных углей типа БАУ, для очистки питьевой воды и в пищевой промышленности.

CHARCOAL MADE FROM BIRCH BURNT WOOD

E.V. KHALIMOV – Captain of the internal service,
lecturer of the Department of fire safety in construction,
e-mail: khalimov1964@mail.ru*

T.V. SHTEBA – Ph.d., Associate Professor,
Department of fire safety of technological processes,
e-mail: shtebatv@yandex.ru*

I.K. GINDULIN – Ph.d., Associate Professor,
Department of chemical technology of wood,
biotechnology and nano-materials,
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg,
e-mail: tradeek@mail.ru

* Ural Institute of SBS EMERCOM of Russia, Yekaterinburg

Keywords: burnt wood, charcoal, fixed carbon, apparent density.

Studies on the possibility of using Birch burnt wood as raw material for charcoal. For this purpose, prepared samples of intact wood and burnt wood, taken after the fire in forest stands the village of Shabrovsky in the Sverdlovsk region. Pyrolysis of wood was carried out in the temperature range of 400–700 °C when the duration 30–40 min.

When low temperature pyrolysis (400 °C) charcoal yield from undamaged wood significantly lower than from burnt wood, but with higher end temperature pyrolysis of this difference is smoothed, and at temperatures above 600 °C yield of charcoal to both samples vary less than 1 %. Apparent density charcoal of burnt wood pyrolysis temperature decreases up to 500 °C, and then increases. A similar dependence has been observed to charcoal, obtained from undamaged by fire wood. The extreme nature of the changes apparent density explains the transition carbon matrix control more streamlined structure of pyrolysis temperature increases.

Research has shown that in order to charcoal a higher grade of Birch burnt wood is enough final temperature pyrolysis of about 600 °C. While the resulting charcoal has 96% fixed carbon content with minimum 90%, ash content of less than 2% at the maximum allowable 2,5%. Given the existing trend of poor quality wood, Birch burnt wood processing completely valid.

This charcoal could well be used as a raw material for obtaining active carbon type BAU and used for the purification of drinking water and the food industry.

Введение

Статистика лесных пожаров в Российской Федерации за 2009–2015 гг. свидетельствует, что площадь земель, пройденных пожаром, ежегодно в среднем составляет более 4 млн га (больше, чем, например, территория Швейцарии или Дании), а количество пожаров – около 50 тыс. [1]. Площадь лесов, пройденных пожаром за этот период, показана на рис. 1.

Ежегодно лесные пожары причиняют огромный ущерб лесному фонду России и других стран мира [2]. При оценке ущерба необходимо учитывать не только стоимость лесных насаждений, погибших на корню, но и расходы по уходу за лесными культурами в первые 5–10 лет (не менее 20 тыс. руб. на один гектар) и т.п.

Поврежденные пожаром лесные участки, на которых насаж-

дения погибли частично, так называемые горельники, характеризуются пониженной влажностью древесины. Показано, что наибольшую влажность после сильного низового и верхового пожара имеет нижняя часть ствола, примерно до высоты 1 м [3]. Древесина, подвергшаяся воздействию огня, достаточно быстро теряет свои физико-механические свойства, что резко сужает области её применения.

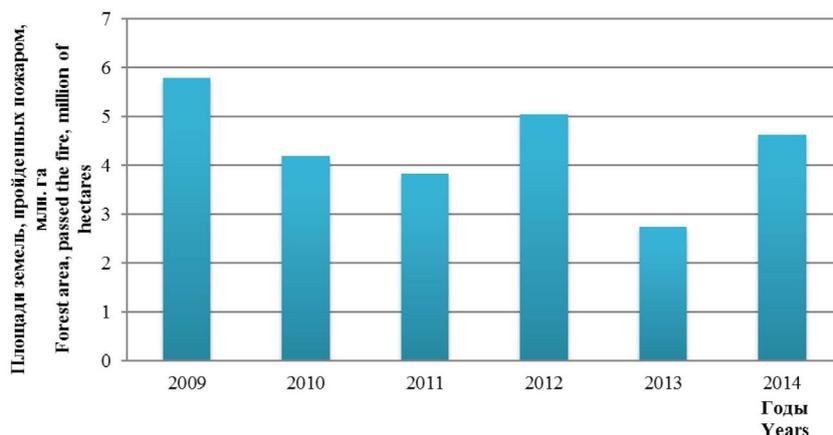


Рис 1. Площадь лесов, пройденных пожаром
Figure 1. Forest area, passed the fire

В случае повторного возгорания огонь получает быстрое распространение по сухостою. В лесах, не очищенных от завалов мертвой сухой древесины, даже относительно слабый источник огня может вызвать крупный и очень интенсивный пожар, что приведет к еще более значительному ущербу [4–6]. Избежать подобной опасности и последствий возможно вовлечением древесины горельников в переработку.

Не являются в этом плане исключением и березовые насаждения, которые доминируют в лесном фонде ряда регионов Российской Федерации [7] и сильно страдают от лесных пожаров, особенно весной и осенью [8].

Цели и методы исследований

Нами проведены исследования возможности использования березовой древесины горельников как сырья для получения древесного угля (ДУ). С этой целью подготовлены образцы неповрежденной древесины и древесины горельников, взятые после пожара в лесных насаж-

дениях поселка Шабровского Свердловской области.

Установка пиролиза состояла из вращающейся реторты, которая размещалась в муфельной печи с контролируемой температурой обжига. Образовавшаяся при пиролизе парогазовая смесь отбиралась в систему конденсации.

Пиролиз древесины проводился в диапазоне температур 400–700 °С при продолжительности 30–40 мин. Эти параметры нами выбраны на основе предыдущих исследований пиролиза древесины, проведенных на кафедре химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов УГЛТУ.

Для получения адекватных математических моделей процесса пиролиза составлена матрица планирования полного факторного эксперимента типа 2². В качестве факторов приняты конечная температура пиролиза и продолжительность процесса, в качестве функций отклика – выход древесного угля, содержание в нём нелетучего углерода, кажущаяся плотность, содержа-

ние золы. Выбранные функции отклика являются стандартными показателями качества ДУ.

Для указанных диапазонов действующих факторов получены уравнения регрессии. Определены коэффициенты уравнений регрессии, и проведена проверка их значимости. Сопоставление расчетного и табличного критериев Фишера показали адекватность выбранной модели.

Результаты исследований и их обсуждение

Сопоставление зависимостей функций отклика от конечной температуры пиролиза показало для обоих образцов одинаковый характер. Так, влияние конечной температуры пиролиза на выход ДУ ослабевает с ростом температуры (рис. 2), что связано с повышением термоустойчивости образующейся углеродной матрицы.

Как видно из рис. 2, при невысокой температуре пиролиза (400 °С) выход ДУ из неповрежденной древесины существенно ниже, чем из древесины горельника, но с повышением конечной температуры пиролиза это различие сглаживается, а при температуре пиролиза выше 600 °С выход ДУ для обоих образцов различается менее чем на 1%. Полученную зависимость можно объяснить различием химического состава исходной древесины, что оказывает влияние при сравнительно невысоких температурах пиролиза (до 500 °С). В древесине горельника определено повышенное суммарное содержание основных углеобразующих компонентов

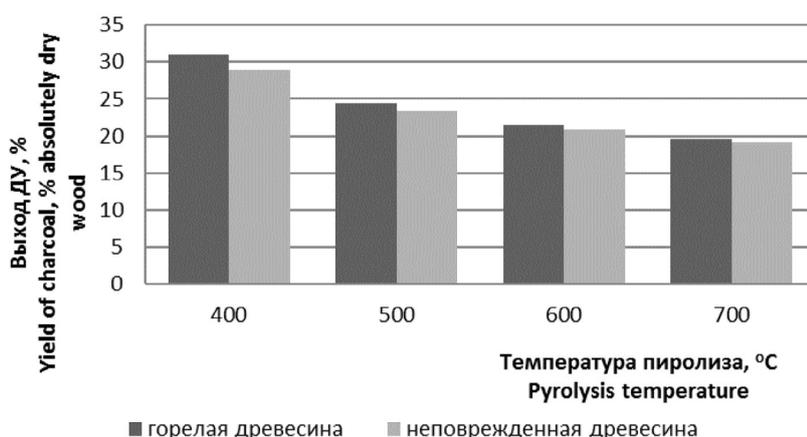


Рис. 2. Зависимость выхода ДУ от конечной температуры пиролиза
Fig. 2. The dependence of the yield of the charcoal from the final process temperature (dark – burnt wood, light – intact wood)

(целлюлозы и лигнина) – 68 %. Для неповрежденной древесины этот показатель ниже и составляет 65,2%.

На содержание нелетучего углерода в ДУ, полученном при конечной температуре 500 °С, основное влияние оказывает температура (более чем в два раза более сильное, чем продолжительность). При более высоких температурах влияние продолжительности процесса становится незначимым.

С повышением конечной температуры пиролиза увеличивается содержание нелетучего углерода в ДУ, но при этом снижается выход продукта. Мы считаем, что

при получении ДУ из древесины горельников повышать температуру пиролиза выше 600 °С нецелесообразно по экономическим соображениям.

В исследуемом диапазоне действующих факторов содержание золы в ДУ колебалось в пределах 1,5–2 %, т.е. не превышало требований стандарта.

На суммарный объем пор получаемого ДУ некоторое влияние оказывает только температура проведения процесса пиролиза, хотя и ее действие постепенно ослабевает.

Кажущаяся плотность ДУ из горельника снижается до температуры пиролиза 500 °С, а затем

возрастает. Аналогичная зависимость наблюдается и для ДУ, полученного из неповрежденной древесиной пожаром. Экстремальный характер изменения кажущейся плотности объясняется переходом углеродной матрицы ДУ в более упорядоченную структуру по мере повышения температуры пиролиза.

Выводы

Результаты наших исследований показали, что для получения ДУ марки А высшего сорта из березовой древесины горельников вполне достаточно конечная температура пиролиза около 600 °С. При этом получаемый уголь имеет содержание нелетучего углерода 96% при минимально допустимом 90%, зольность – менее 2% при максимально допустимой 2,5%. С учетом существующих тенденций использования древесины невысокого качества [9, 10] переработка березовой древесины горельников вполне актуальна.

Такой уголь может использоваться как сырьё для получения активных углей типа БАУ, для доочистки питьевой воды и в пищевой промышленности [11, 12].

Библиографический список

1. Кректунов А.А., Залесов С.В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург: Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.
2. Шубин Д.А., Залесов С.В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с.
3. Платонов А.Д., Курьянова Т.К., Макаров А.В. Распределение влаги по стволу дерева, пораженного огнем // Лесотехн. жур. 2011. № 3. С. 27–31.
4. Залесов С.В., Миронов М.П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.

5. Защита населенных пунктов от природных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов, Е.П. Платонов // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 34–36.
6. Залесов С.В., Залесова Е.С., Оплетаяев А.С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 67 с.
7. Казанцев С.Г., Залесов С.В., Залесов А.С. Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
8. Шубин Д.А., Залесов С.В. Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39–41.
9. Юрьев Ю.Л. Тенденции развития технологии пиролиза древесины // Леса России и хоз-во в них. 2016. № 3 (58). С. 58–63.
10. Юрьев Ю.Л., Солдатов А.В. Термохимическая переработка древесины в условиях лесопромышленного предприятия // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2005. № 3. С. 113–118.
11. Юрьев Ю.Л., Дроздова Н.А., Панова Т.М. Доочистка артезианской воды с применением модифицированных древесных углей // Вестник Казан. технол. ун-та. 2013. Т. 16. № 19. С. 85–86.
12. Исследование возможности применения древесного угля для стабилизации пива / Ю.Л. Юрьев, Т.М. Панова, Н.А. Дроздова, К.Ю. Тропина // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2010. № 5. С. 120–124.

Bibliography

1. Krekturnov A.A., Zalesov S.V. Protection of settlements from wildfires. Yekaterinburg: Ural Institute of state fire service of EMERCOM of Russia, 2017. 162 p.
 2. Shubin D.A., Zalesov S.V. Impacts of forest fires in the pine forests of Priobskoye water-protection pine-birch forest area of the Altai territory. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2016. 127 p.
 3. Platonov A.D., Kuryanova T.K., Makarov A.V. Distribution of moisture on the trunk of a tree affected by fire // Forestry Engineering magazine. 2011. № 3. P. 27–31.
 4. Zalesov S.V., Mironov M.P. Detection and extinguishing forest fires. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2004. 138 p.
 5. Protection of settlements from wildfires / S.V. Zalesov, G.A. Godovalov, A.A. Krekturnov, E.P. Platonov // Agrarian bulletin of the Urals. 2013. № 2 (108). P. 34–36.
 6. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Recommendations for improving protection of forests from fires in the belt forests of Irtysh region. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2014. 67 p.
 7. Kazantsev S.G., Zalesov S.V., Zalesov A.S. Optimization of forest management in derivative birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2006. 156 p.
 8. Shubin D.A., Zalesov S.V. Poslevoennyi mortality of trees in pine plantations Ob water-protection pine-birch Le skateistan district of the Altai region // Agrarian bulletin of the Urals. 2013. № 5 (111). P. 39–41.
 9. Yuryev Yu.L. The development trends of technologies of pyrolysis of wood // Forest in Russia and forestry in them. 2016. № 3 (58). P. 58–63.
 10. Yuryev Yu.L., Soldatov A.V. Thermal processing of wood in conditions of forestry enterprise // Forest magazine. 2005. № 3. P. 113–118.
 11. Yuryev Yu.L., Drozdova N. A., Panova T.M. Artesian water purification using modified wood coals // Herald of the Kazan University. 2013. T. 16. № 19. P. 85–86.
 12. Feasibility study on the use of charcoal to stabilize beer / Yu.L. Yuryev, T.M. Panova, N.A. Drozdova, K.Y Tropina // Forest magazine. 2010. № 5. P. 120–124.
-
-