

так как у подножия холма больше питательных веществ в почве за счет поверхностного стока воды и низкого залегания грунтовых вод, следовательно рост деревьев по высоте и по диаметру идет лучше. С вершины вниз по склону напочвенный покров меняется от растений, которым необходимо периодическое увлажнение к растениям, которым нужно избыточное увлажнение.

Все это влияет на древостой и формирование напочвенного покрова.

Литература

1 Чураков, Б.П. Лесоведение [Текст]: учебник /Б.П. Чураков, Д.Б. Чураков. - Ульяновск: УлГУ, 2018. – 259 с.

2 Наквасина Е.Н. Полевой практикум по почвоведению[Текст]: учебно-мет. пособие к пол. практ. по почвовед. и геогр. почв / Е.Н.Наквасина, В.С.Серый, Б.А.Семенов; ГОУ ВПО «Архангельский государственный технический университет». - Архангельск: Изд-во АГТУ,2006.- 81с.

3 Любова, С. В. Методические указания по выполнению контрольной работы по теме «Составление почвенной карты» [Текст] : учеб. пособ. / С. В. Любова ; Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Архангельск : САФУ, 2019.

УДК 674.03:613.648.4

А.Р. Бирман

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Назначением защиты от излучений ядерных энергетических установок (ЯЭУ) является ослабление нейтронного и гамма-излучения до уровня, безопасного для биологических объектов. Ни одно из природных веществ не способно одновременно эффективно ослаблять, то есть снижать энергию E указанных излучений, что определяет состав материала защиты. Так относительно тяжелые элементы являются поглотителями гамма-излучения и замедлителями быстрых нейтронов ($E = 10...1,11$ МэВ), а дальнейшее снижение энергии нейтронов до уровня тепловых ($E = 0,414...0$ эВ) осуществляют легкие элементы с атомным весом максимально приближенным или рав-

ным $A=1$ (водород). На рисунке 1 представлена иллюстрация проникновения ионизирующих излучений через различные вещества [1].

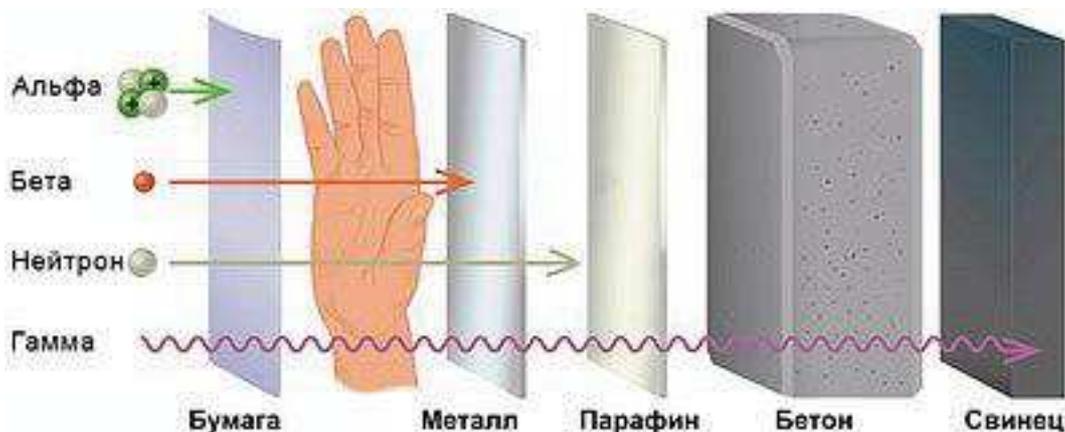


Рисунок 1 – Экранирование ионизирующих излучений

В ядерной энергетике водородосодержащими материалами (как правило, с примесью бора, лития или кадмия) являются парафин, полимеры, гидриды металлов, вода, тяжелая вода и т.д. Однако перечисленные материалы обладают рядом существенных недостатков. Так сертифицированный защитный материал «Neutrostop» (Институт ядерных исследований, г. Ржежи, Чехия), выполненный на основе борированного полиэтилена, резко снижает прочность при температуре $70-80^{\circ}\text{C}$, выделяя токсичные газы [2]. Гидриды металлов при 80°C разлагаются с выделением взрывоопасного водорода. Парафин не имеет несущей способности. Наиболее дешевая вода – текуча и требует размещения в емкостях из нержавеющей стали.

Борированная древесина, лишенная указанных недостатков, также является водородосодержащим материалом. Причем содержание водорода в единице ее объема сравнимо с содержанием водорода в известных защитах. И его можно увеличить за счет уплотнения древесины, см. таблицу [3].

Таблица 1 – Сравнительные характеристики ядерной плотности, ядер/ $\text{см}^3 \times 10^{22}$

| Элемент | Уплотненная древесина, $1,15 \text{ г/см}^3$ | Вода H_2O |
|---------|--|---------------------------|
| H | 5,04 | 6,70 |
| O | 1,58 | 3,35 |
| C | 3,22 | - |
| N | 0,03 | - |

Введение бора (в виде борной кислоты) в древесную защиту осуществляется пропиткой.

До настоящего времени большинство исследований, направленных на изучение результатов взаимодействия древесины с ионизирующими излучениями, имели задачу оценки изменения свойств древесины от такого взаимодействия.

Настоящая работа направлена на решение обратной задачи: не оценка изменений в древесине за счет ионизирующих излучений, а исследование изменения энергии нейтронных потоков при встрече с защитой как из натуральной (цельной или измельченной), так и модифицированной (уплотнением, пропиткой) древесины. С этой целью авторами были проведены экспериментальные исследования, методика которых была построена на сравнительном анализе защищающей способности деревянных образцов и образцов защитных материалов, апробированных в атомной промышленности. Критерием оценки результатов экспериментов являлась измеряемая детектором остаточная плотность потоков быстрых и тепловых нейтронов, как разность плотности потока, генерируемого источником нейтронов и «потерями» нейтронов в веществе защиты.

Для проведения экспериментов было использовано оборудование циклотронной лаборатории Физико-Технического института им. А.И.Иоффе РАН и оборудование Военной инженерной космической академии им. А.Ф.Можайского.

При испытаниях использовался $Pu(Be)$ источник нейтронов со средней энергией быстрых нейтронов 5,15 МэВ. Для получения потока тепловых нейтронов использовался этот же источник с шаровым замедлителем из оргстекла.

Опытные образцы одинаковых размеров (кубы с гранью 100 мм) были изготовлены из следующих материалов: а) модифицированная древесина березы с плотностью 1,15 г/см³ и влажностью 10-12 %, пропитанная насыщенным раствором борной кислоты; б) борированный полиэтилен марки ПС-20-5Б (аналог материала «Neutrostop»). Критерием оценки результатов экспериментов являлись величины поглощения быстрых и тепловых нейтронов веществом образцов [4].

Анализ результатов проведенных исследований позволяет заключить, что при экранировании быстрых нейтронов эффективность защищающей способности для древесины и полиэтилена практически одинакова, а при экранировании тепловых нейтронов – в среднем выше в 2,8 раза.

Конфигурация нейтронозащитных блоков, разработанная создателями сертифицированной защиты «Neutrostop», считается наиболее рациональной и исключает прямой проход нейтронов сквозь защиту [2]. Однако, изготовление блоков достаточно сложной конфигурации

из цельной древесины по технологическим и экономическим соображениям менее выгодно, чем их формование из измельченной древесины, учитывая, что массовая тормозная способность не зависит от агрегатного состояния вещества или пространственного равномерного распределения его частиц в объеме [5].

Учитывая это, на базе лаборатории Военно-инженерной космической академии им. А.Ф.Можайского, были организованы эксперименты по исследованию нейтронозащитных свойств измельченной древесины.

Формование блоков осуществлялось термопьеzoобработкой без внесения в древесную массу дополнительных клеящих веществ. Объектом обработки являлись опилки древесины осины. Плотность материала после уплотнения составляла $1,2 \text{ г/см}^3$. В качестве боросодержащих материалов использовался карбид бора, соединяемый с древесной массой в смесителе барабанного типа.

Анализ экспериментальных данных показал, что защищающая способность блоков из уплотненной древесной борированной массы при воздействии потоков быстрых и тепловых нейтронов лишь, соответственно, на 6 и 12% ниже защищающей способности защиты из полиэтилена и парафина. При этом имеются способы более глубокого уплотнения древесной массы, то есть дополнительного повышения ее нейтронозащитных свойств.

Таким образом, цельная и измельченная борированная древесина может использоваться для защиты от нейтронных потоков малых и средних энергий. При воздействии быстрых нейтронов модифицированная древесина обладает аналогичной защищающей способностью по сравнению с апробированными водородосодержащими защитами (парафин, полиэтилен, «Neutrostop»), а при воздействии наиболее опасных для биологических объектов тепловых нейтронов – превышает защищающую способность известных защит.

Отметим, что древесная защита может служить конструкционным, тепло- и звукоизоляционным декоративно-облицовочным материалом, который при обработке антисептиками и антипиренами долговечен и малогорюч. Стоимость защиты современных ЯЭУ может достигать 20...30% стоимости всего сооружения. Нейтронозащитные древесные материалы в 20-30 раз дешевле применяемых в настоящее время водородосодержащих защитных материалов.

Литература

1. Бирман А.Р., Леонова О.Н., Веселовский А.Н., Белоногова Н.А., Применение древесных материалов для защиты объектов от воз-

действия нейтронов. Изв. СПбГЛТА, вып. 171, СПб.: СПбГЛТА, 2004. С.156.

2. Neutrostop. Export-Import KOVO. Praha, 1985. С.53.

3. Бирман А.Р., Артемьева Н.А., Мальгин А.А., Белоногова Н.А. Древесная компонента биологической защиты ядерных энергетических установок. «Научное обозрение», №5, 2011, с. 369-376

4. Белоногова Н.А. Повышение защитных свойств низкосортной древесины путем пропитки и уплотнения. Реф... канд.тех. наук. СПб.: ЛТА, 1999. с.20.

5. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. – М.: Атомиздат, 1976. С. 504.

УДК 630*231:582.475

М.А. Елисеева

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*Picea abies* L.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЛИ ЕЛИ В СОСТАВЕ МАТЕРИНСКОГО ДРЕВОСТОЯ

Современное лесное хозяйство должно удовлетворять основным принципам лесоводства, сущность которых заключается в обеспечении постоянства и устойчивости лесопользования. Грамотный подход к использованию лесных ресурсов предполагает изучение такого важного аспекта, как естественное возобновление ценных пород. Прогноз, оценка успешности этого процесса, комплексное исследование факторов, оказывающих воздействие на его ход, играют значительную роль в решении экологических проблем, связанных с рациональным природопользованием и лесохозяйственной деятельностью, в частности.

Целью исследования было выявить наличие закономерностей в развитии молодого поколения ели под пологом материнских древостоев с различной долей ели в составе. Оценивался такой показатель подроста, как численность.

Было заложено 306 временных пробных площадей в качестве объектов исследования в пяти участковых лесничествах Гатчинского лесничества Ленинградской области (Дивенское, Дружносельское, Орлинское, Карташевское и Онцевское). В 2020-2022 годах на них осуществлялся учет подроста (на каждой по 30 учетных площадок).

В процессе исследования использовался выборочно-статистический метод, при котором подрост учитывался на круговых площадках по 10 м² [1, 2]. Во внимание принималась численность