

# ОЦЕНКА ПЕРИОДИЧНОСТИ РАСЧИСТКИ ПРОСЕК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО» ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

АВТОРЫ:

С.А. ВИНОГРАДОВ,  
ПАО «РОССЕТИ  
ЛЕНЭНЕРГО»

С.А. БАРТАЛЕВ, Д.Т.Н.,  
Д.В. ЕРШОВ, К.Т.Н.,  
ООО «ИКИЗ»

А.С. МУРАЧЕВ,  
А.В. ДЁМИН,  
«РОССЕТИ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»  
(АО «ФИЦ»)

**И**спользование современных методов оценки скорости роста древесно-кустарниковой растительности на просеках

воздушных линий электропередачи позволяет существенно скорректировать периодичность расчистки таких просек в сторону увеличения от одного года до двух лет.

**Ключевые слова:** воздушные линии (ВЛ) электропередачи; периодичность расчистки просек; спутниковые данные; характеристики леса; модели хода роста; методы расчистки; цифровые слои.



Просеки в лесных насаждениях обеспечивают надежную и бесперебойную эксплуатацию ВЛ

## ВВЕДЕНИЕ

Оценка скорости роста основных лесобразующих древесных пород в зависимости от климатических, почвенных и других условий в местах прохождения трасс действующих воздушных линий (ВЛ) электропередачи является актуальной задачей, направленной на обеспечение оптимального планирования периодичности расчистки просек ВЛ электросетевой компании с учетом различий лесорастительных условий.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), для надежной и бесперебойной эксплуатации ВЛ в лесных насаждениях должны быть прорублены просеки. Правилами установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон (утв. постановлением Правительства РФ от 24.02.2009 № 160 с изм.), сетевые организации обязаны обеспечивать вырубку или обрезку крон деревьев (лесных насаждений), произрастающих на просеках под проводами и по границам охранный зоны ВЛ, высота которых превышает 4 м.

Регулярная наземная оценка состояния древесно-кустарниковой растительности (ДКР) на просеках действующих ВЛ в масштабах всей территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» является трудоемкой и ресурсозатратной задачей. В то же время методика дистанционной оценки скорости зарастания просек ВЛ на основе комплексного использования данных спутниковых наблюдений и математического моделирования может рассматриваться в качестве альтернативного подхода.

В целях оценки возможности применения данных спутниковых наблюдений и математического моделирования ПАО «Россети Ленэнерго»

было инициировано проведение научно-исследовательской работы «Создание региональных карт периодичности расчистки просек ВЛ с изучением скорости прироста основных видов лесобразующих древесных пород в зависимости от климатических зон и состояния почвы в местах прохождения трасс действующих ВЛ и выдачей рекомендаций по способу выполнения работ» (далее — НИР), в рамках которой разработана методика, устанавливающая применительно к территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» зависимости среднего годового прироста и высоты ДКР от продолжительно-

сти периода со времени последней расчистки и используемых для этого методов с применением моделей хода роста лесов.

При оценке скорости зарастания просек ВЛ в разрезе лесничеств на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» моделирование роста насаждений разных пород и классов бонитета проводилось с оценкой динамики показателей их высоты в зависимости от времени, прошедшего с момента последней расчистки и начала процессов возобновления ДКР, с учетом различных соотношений подроста семенного

## ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ, ОХВАТЫВАЮЩИЕ ТЕРРИТОРИЮ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО»

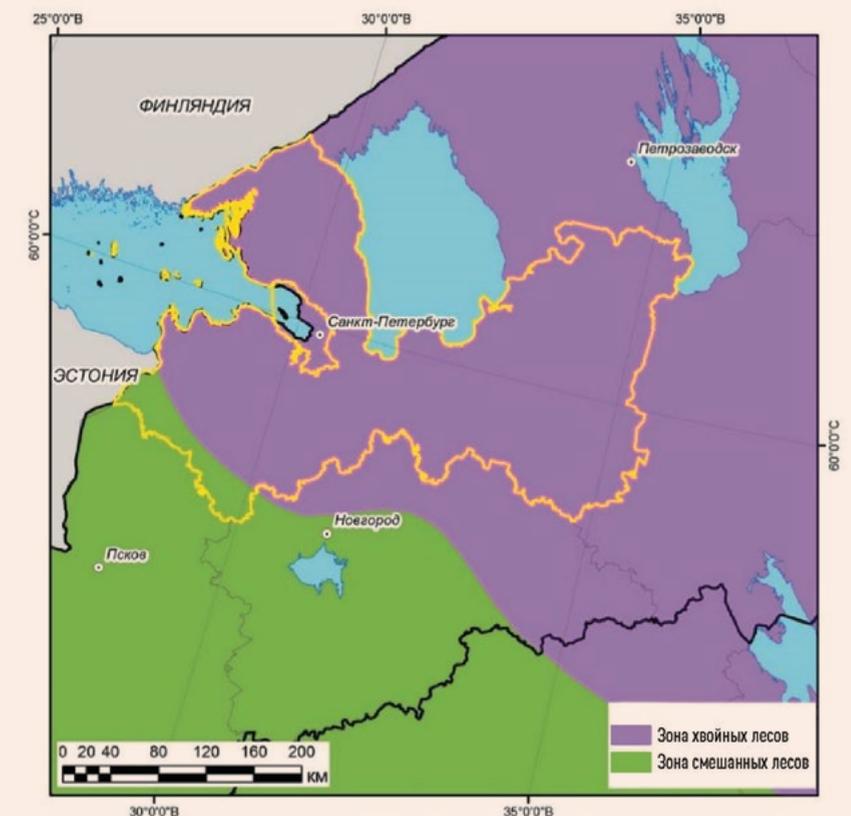


Рис. 1

## ЛЕСНЫЕ РАЙОНЫ, ПОКРЫВАЮЩИЕ ТЕРРИТОРИЮ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО»

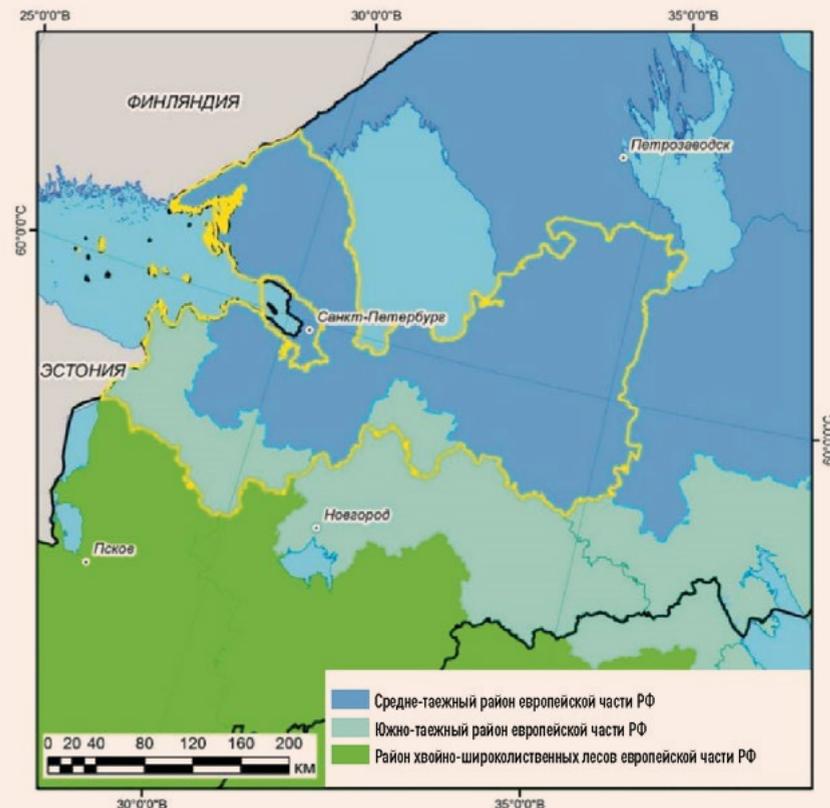


Рис. 2

и порослевого происхождения, а также различной величины задержки начала процессов возобновления ДКР при использовании разных методов расчистки просек ВЛ. Оценка характеристик ДКР, необходимых для исследования скорости зарастания просек ВЛ и используемых в качестве входных данных при моделировании ее динамики, выполнялась на основе спутниковых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Руководствуясь вышеизложенным подходом и принимая в качестве

объекта исследования ДКР основных лесообразующих пород на территории присутствия, ПАО «Россети Ленэнерго» по итогам реализации НИР были разработаны рекомендации по периодичности расчистки просек ВЛ от ДКР на основе получения данных о характеристиках лесной растительности, необходимых для определения скорости зарастания просек ВЛ в разрезе лесорастительных зон и лесных районов. Основные подходы к реализации НИР и ее результаты приведены ниже.

## ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО»

Территория присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» приходится на Ленинградскую область и г. Санкт-Петербург Северо-Западного федерального округа (СЗФО), которые, согласно работе С. Ф. Курнаева [1], располагаются в двух лесорастительных зонах (рис. 1).

Ленинградская область располагается в зонах хвойных лесов (подзона средней и южной тайги), небольшая часть — на юго-западе области в зоне смешанных лесов (северная подзона хвойных пород).

К подзоне средней тайги относятся территории, покрытые по зональным экотопам сомкнутыми хвойными древостоями преимущественно III класса бонитета. Господствующее положение среди них занимает зеленомошная группа типов лесов с преобладанием черничного типа. Почвы представлены типичными подзолами.

К подзоне южной тайги относятся территории с господством в зональных условиях хвойных древостоев высокого бонитета (II или I классы), с хорошо развитым травянистым покровом смешанного состава из бореальных и неморальных видов и слабо развитым моховым покровом. Почвы дерново-подзолистого типа.

К зоне смешанных лесов относятся территории, где в коренных ценозах зональных экотопов развиваются смешанные леса из хвойных и лиственных пород.

В соответствии с определением лесорастительного районирования [1] (см. также приказ Министерства природных ресурсов и экологии

РФ от 18.08.2014 № 367) территория присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» оказывается в зоне, которая покрывается среднетаежным и южнотаежным лесными районами европейской части России (рис. 2).

Все леса Ленинградской области отнесены к Балтийско-Белозерскому району европейской части Российской Федерации таежной зоны.

Из общей площади покрытых лесом земель хвойные породы составляют 58,8% с преобладанием мягколиственных пород на остальной площади. В лесах области большую часть составляют сосняки, произрастающие на 31,9% общей покрытой лесной растительностью площади. Из мягколиственных пород преобладают березняки, произрастающие на 30,5% общей покрытой лесной растительностью площади, а доля твердолиственных пород невелика.

## ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках выполненных исследований спутниковые данные ДЗЗ использовались для формирования геоинформационных баз данных, содержащих пространственно-распределенные оценки характеристик лесов, необходимых для оценки скорости зарастания просек ВЛ на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго».

По результатам предварительной обработки данных ДЗЗ были сформированы временные ряды свободных от влияния облаков композитных изображений, характеризующие фенологическую, сезонную и многолетнюю динамику спектрально-отражательных характеристик растительного покрова на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго».

Тематическая обработка сформированных производных продуктов была направлена на определение характеристик лесов и другой ДКР, необходимых для оценки скорости зарастания просек ВЛ.

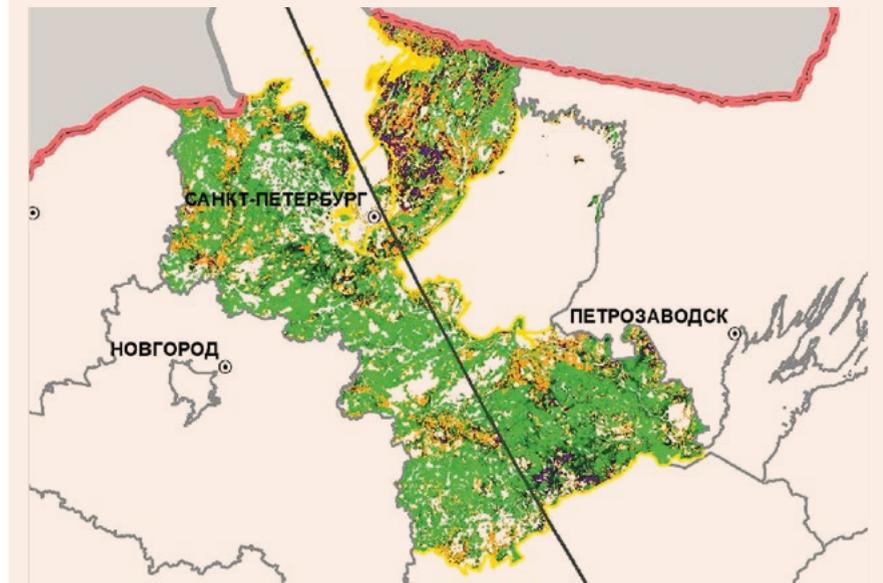
Обработка данных ДЗЗ выполнялась с использованием разработанного в Институте космических исследований Российской академии наук программного комплекса LAGMA (locally-adaptive global mapping algorithm), позволяющего учитывать пространственную вариабельность спектрально-отражательных характеристик лесов при обработке данных ДЗЗ на больших территориях [5].

Метод распознавания территорий, занятых различными группами пород леса и другой ДКР, был основан

на особенностях сезонной динамики их спектрально-отражательных характеристик по данным временных рядов сезонных композитных изображений. А метод определения преобладающих древесных пород был основан на особенностях их фенологической динамики, проявляющихся в различных траекториях изменения спектрально-отражательных характеристик лесов в течение вегетационного сезона, измеряемых по временным рядам данных ДЗЗ [2].

С учетом указанного разработанная база данных предоставляет информацию о пространственном распределении территорий, занятых лесом и другой ДКР, включая их распределение по группам древесных пород, на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго».

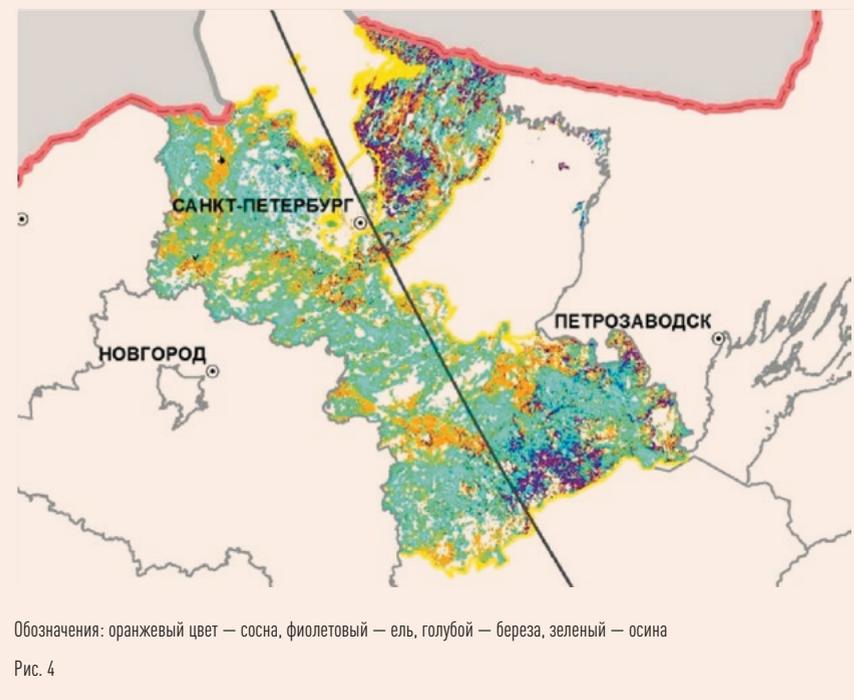
## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕСОВ И ДКР НА ТЕРРИТОРИИ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО» ПО ГРУППАМ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД



Обозначения: оранжевый цвет — светлохвойные, фиолетовый — темнохвойные, зеленый — лиственные, градации темно-зеленого — смешанные леса

Рис. 3

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕСОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ПОРОД НА ТЕРРИТОРИИ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО»



На рис. 3 приведен пример визуализации полученных в ходе выполнения работ результатов, в соответствии с которыми зона присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» была разделена на ДКР различного типа: светлостойные, темностойные, лиственные и смешанные леса.

На рис. 4 приведен пример визуализации разработанной в ходе выполнения работы базы данных, содержащей информацию о пространственном распределении насаждений основных преобладающих древесных пород в пределах занятой лесом и другой ДКР площади на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго».

В дополнение к разработанным выше базам данных в рамках выполнения НИР сформирована геоинформационная база данных, включающая данные

о пространственном распределении сомкнутости и полноты древостоев в пределах занятой лесом и другой ДКР площади на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго».

В основе разработки геоинформационной базы данных о многолетней динамике запасов стволовой древесины лесов и другой ДКР, также полученной в ходе проведения работ, лежало использование взаимосвязи отражательной способности земной поверхности в условиях наличия снежного покрова по данным ДЗЗ и величины удельного запаса древесины [3].

Модели зависимости отражательной способности покрытых снегом лесов от величины запаса для различных групп пород леса (на основе данных проекта Globbiomass [8] и разработанной геоинформационной базы данных

о преобладающих древесных породах лесов) использовались для оценки его многолетней динамики по данным сформированных зимних композитных изображений.

Разработанная база данных предоставляет информацию о пространственном распределении и многолетней динамике удельного запаса стволовой древесины (в м<sup>3</sup>/га) лесов и другой ДКР на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго».

Помимо разработанных на основе данных ДЗЗ геоинформационных баз данных, содержащих пространственно-распределенные оценки характеристик лесов и другой ДКР на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго», в рамках предлагаемой в НИР методики также использовались таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии [4].

Данные модели являются обобщением материалов отечественной лесной таксации, собранных для территории России, и описывают ход роста насаждений по основным таксационным характеристикам с использованием функции роста Берталанфи, известной в литературе по таксации лесов как функция Дракина — Вуевского или Ричардса — Чэпмена [7], дифференциальное и интегральное уравнение которой описывает соответственно прирост и накопленное значение таксационного показателя в качестве функции возраста в пределах класса бонитета, причем уравнение (1) описывает прирост параметра, а выражение (2) — накопленное его значение как функцию возраста и бонитета:

$$\frac{dx_i}{dt} = c_3 c_2 c_1 \frac{1}{c_3} X_i^{(1-\frac{1}{c_3})} - c_3 c_2 X_i; \quad (1)$$

$$X_i = c_1 [1 - e^{-c_2 A}]^{c_3}, \quad (2)$$

где A — возраст леса; X<sub>i</sub> — значение параметра для текущего возраста.

Коэффициенты в формуле характеризуют скорость роста и максимально достижимое значение параметра и зависят от бонитета:

$$c_1 = c_{11}SI^2 + c_{12}SI + c_{13},$$

$$c_2 = c_{21}SI^2 + c_{22}SI + c_{23},$$

$$c_3 = c_{31}SI^2 + c_{32}SI + c_{33}, \quad (3)$$

где коэффициенты c<sub>ij</sub> даны в таблицах хода роста, а SI — код бонитета.

Также в НИР использовались модели хода роста насаждений по запасу и высоте, описывающие динамику удельного запаса стволовой древесины и средних высот ДКР соответственно для фиксированной полноты насаждений (модальные либо полные древостои) как функцию возраста (рис. 5); при этом каждому сочетанию преобладающей породы — класс бонитета соответствует отдельная модель, в том числе региональные модели, учитывающие локальные лесорастительные условия. В дополнение к вышеприведенной информации в качестве исходных данных при проведении работы были использованы:

- исходные материалы с информацией о расчистке просек ПАО «Россети Ленэнерго» в целях оценки практического влияния метода расчистки просек ВЛ на скорость их зарастания;
- архив спутниковых данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения.

В работе использовались данные спутниковых систем Landsat 5 TM за период 2007–2012 гг., Landsat 8 OLI за период 2013–2019 гг., а также данные Sentinel 2 A/B MSI за период 2015–2019 гг., доступ и инструменты анализа которых были реализованы средствами информационной системы ВЕГА-ЛЕС [11]; данные о произрастающих на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» древесных

породах для дополнительного их включения в разработанную геоинформационную базу данных в части насаждений малопредставленных пород, анализ пространственного распределения которых по данным ДЗЗ затруднен.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ЗАРАСТАНИЯ ПРОСЕК ВЛ

На рис. 6 представлены основные структурные элементы примененной в рамках выполнения НИР методики, основанной на комплексном использовании спутниковых данных ДЗЗ и моделей динамики лесов для получения характеристик, необходимых для оценки скорости зарастания ДКР просек ВЛ.

В первую очередь на основе моделей хода роста и описанных выше баз данных о сомкнутости крон и полноте древостоев, запасах стволовой древесины и преобладающих породах проведена оценка продуктивности (бонитета) всех лесов и другой ДКР исследуемой территории. Далее с помощью указанных данных и моделей, модифицируемых

с учетом метода расчистки, выполнено моделирование потенциального восстановления ДКР и представлена интегральная оценка динамики высоты ДКР на просеках ВЛ в разрезе лесничеств. Анализ динамики высоты позволяет оценить ее среднегодовой прирост и время до достижения насаждениями критической высоты 4 м.

В используемых моделях/таблицах хода роста лесных насаждений факторы, связанные с продуктивностью лесов, объединяются в один безразмерный показатель — бонитет, характеризующий локальные лесорастительные условия и скорость роста ДКР для различных древесных пород. Метод оценки бонитета основан на сопоставлении модельной динамики запасов стволовой древесины ДКР с динамикой, наблюдаемой по данным ДЗЗ, причем окончательно выбирается тот класс бонитета, результаты моделирования которого наилучшим образом согласуются с данными спутниковых оценок запаса. Пример полученных оценок бонитета насаждений приведен на рис. 7.

Применение различных технологий расчистки просек ВЛ обуславливает различное время последующего восстановления ДКР на трассах ВЛ, а также разную специфику ее естественного

## ПРИМЕРЫ МОДЕЛЕЙ ХОДА РОСТА БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ ПО ЗАПАСУ (А) И ВЫСОТЕ (Б)

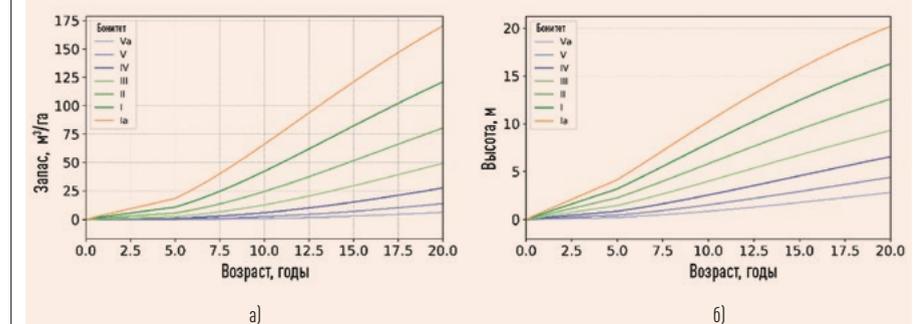


Рис. 5

## ОБЩАЯ СХЕМА РАБОТЫ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ И МОДЕЛЕЙ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ЗАРАСТАНИЯ ДКР ПРОСЕК ВЛ

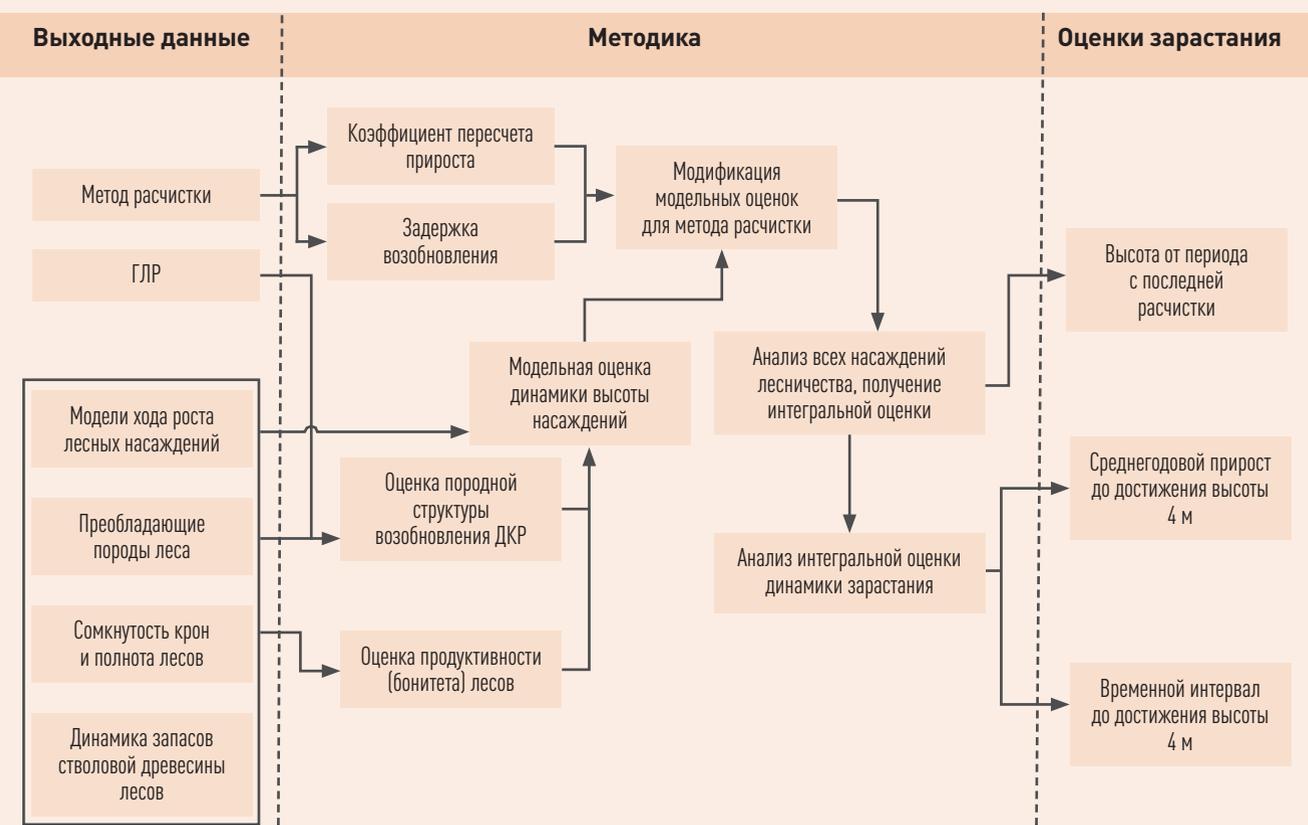


Рис. 6

возобновления. В зависимости от используемого механизма расчистки изменяется как время задержки начала роста ДКР ( $T_{\text{задержка}}$ ), так и соотношение различных механизмов ее восстановления (семенное/послепосевное,  $P_{\text{сем}}/P_{\text{пор}}$ ). Значения этих параметров для разных методов, полученные на основе обзора источников литературы, а также проведенного экспертного анализа процессов зарастания просек ВЛ, в том числе с использованием сформированной геопространственной базы данных о расчистках и архива данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения, приведены в табл. 1.

Порослевое восстановление характеризуется более быстрым приростом в первые годы жизни насаждений и более медленным ростом для зрелых насаждений, так как при оценке зарастания просек ВЛ важны именно первые годы жизни подростка ДКР, а имеющиеся различия скорости роста были учтены введением мультипликативного модификатора ежегодного прироста ( $K_{\text{порода}}$ ), зависящего от породы, повышающее значение которого находится в диапазоне от 1,2 для дуба до 1,4 для осины, ольхи и тополя. Обобщая изложенное выше, можно заключить, что моделирование хода

роста ДКР после расчистки в разрезе лесничеств проведено с использованием данных о бонитетах, породном составе, методе последней расчистки и модифицированных моделей хода роста растительности. В соответствии с разработанной методикой расчета интегральной оценки скорости зарастания насаждения всех пород и всех бонитетов все насаждения были упорядочены по высоте/скорости прироста и ранжированы в порядке возрастания, причем с учетом долей их площади во всей структуре насаждений лесничеств. Интегральная высота возобновляющейся на просеке ДКР оценивалась как максималь-

ная из высот самых быстрорастущих насаждений, занимающих заданную долю площади просеки ВЛ (допустимая степень зарастания), и непосредственно сравнивалась с нормируемой для электросетевой компании высотой 4 м при определении необходимости расчистки.

По итогам анализа фактической практики расчисток просек ВЛ в ходе НИР был сделан вывод, что допустимая степень зарастания 0,2% лучше всего характеризует восстановление ДКР. Данная степень зарастания является оптимальной и определяет момент достижения высоты 4 м первыми деревьями на просеке, исключая влияние пород и бонитетов ДКР, доля вклада которых в общий прирост насаждений минимальна.

Указанная степень зарастания рекомендуется в качестве основы практического применения результатов. При этом моделирование также выполнено для других значений степени зарастания (до 10%), отличных от оптимальной, что позволило прогнозировать динамику зарастания ДКР просеки ВЛ при превышении рекомендуемой периодичности расчистки.

проведена ежегодная оценка прироста и высоты подростка основных лесобразующих пород на уровне лесничеств на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» в зависимости от используемых методов расчистки.

Полученные результаты позволили разработать рекомендации по периодичности и способам расчистки от ДКР просек ВЛ для всех лесничеств на территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» в зависимости от допустимой степени зарастания просек ВЛ, а также графики динамики высоты ДКР, возобновляющейся после расчистки просеки ВЛ. В табл. 2 и на рис. 8 приведены результаты на примере одного из лесничеств, на территории которого находятся электросетевые объекты ПАО «Россети Ленэнерго», в виде итоговых рекомендаций и номограмм соответственно.

Как видно из представленного материала, полученные результаты НИР позволяют моделировать ход роста ДКР на просеках ВЛ при разных степенях ее зарастания, а также при осуществлении расчистки просек ВЛ различными методами, для которых продолжительность периода после расчистки просек ВЛ до достижения ДКР высоты 4 м при оптимальной степени зарастания может варьировать от 4 до 10 лет.

Согласно Методическим указаниям по содержанию трасс ВЛ ПАО «Россети Ленэнерго» [12], рекомендуемая периодичность расчистки просек ВЛ в ПАО «Россети Ленэнерго» составляет шесть лет вне зависимости от лесничества. При этом расчистка проводится преимущественно механизированным методом с мульчированием без заглабления в почву (метод № 5, см. табл. 2).

## БОНИТЕТ НАСАЖДЕНИЙ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД В ЛЕСНИЧЕСТВЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИСУТСТВИЯ ПАО «РОССЕТИ ЛЕНЭНЕРГО»

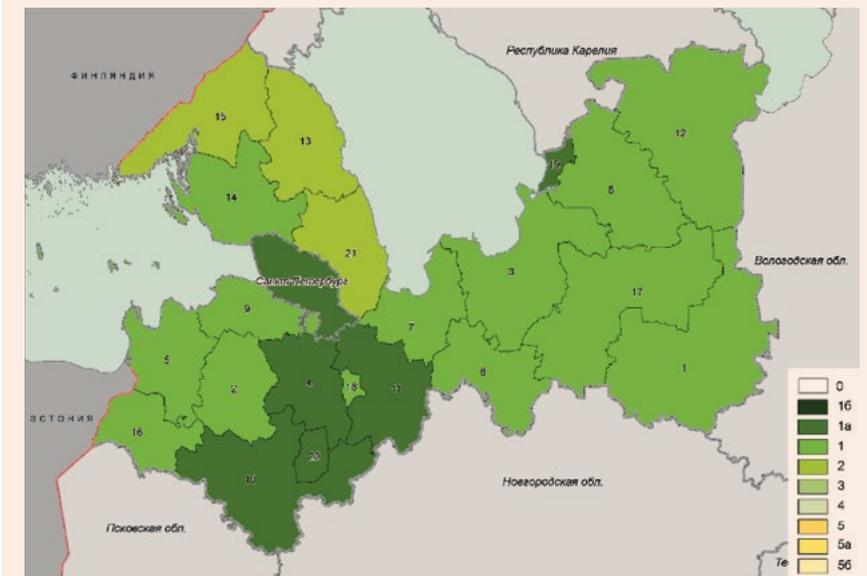


Рис. 7

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Изложенный выше подход позволил осуществить моделирование динамики высоты ДКР на просеках ВЛ, оценить скорость их зарастания на основе результатов моделирования и рассчитать рекомендованную периодичность их расчистки как время, за которое ДКР на заданной доле площади просеки достигает критической высоты 4 м, в зависимости от применяемой технологии расчистки. По результатам моделирования роста ДКР после расчистки просек ВЛ была

## МЕХАНИЗМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ЗАДЕРЖКА НАЧАЛА РОСТА ДКР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА РАСЧИСТКИ ПРОСЕК ВЛ

Метод расчистки просек ВЛ	Способ расчистки	Участие подростка ДКР различного происхождения ( $P_{пор}/P_{сем}, \%$ )	Задержка начала роста ДКР, годы ( $T_{задержка}$ )
Ручной	С применением бензопил, мотокусторезов, топоров, мачете в весенне-летний период	80/20	0
	С применением бензопил, мотокусторезов, топоров, мачете осенью	80/20	1
Механизированный	С применением роторной косилки или катка в весенне-летний период	80/20	0
	С применением роторной косилки или катка осенью по мерзлой почве до образования снежного покрова	80/20	1
	Мульчером без заглабления в почву	70/30	2
	Бульдозером по мерзлой почве до образования снежного покрова без срезки гумусового горизонта почвы	70/30	2
	Бульдозером с заглаблением в почву и срезкой гумусового горизонта	30/70	4
	Мульчером или фрезами с заглаблением в почву	30/70	4
Химический	Внесение арборицида методом инъекций в растения, последующая уборка механизированным или ручным способом	10/90	5
	Аэрозольная обработка весной или летом	30/70	3
	Аэрозольная обработка осенью	40/60	2
	Удаление растений механизированным или ручным способом и обработка пней арборицидами в весенне-летний период или аэрозольное распыление препарата на пни срезанных древесно-кустарниковых растений	30/70	3
Комбинированный	Удаление растений механизированным или ручным способом и обработка пней арборицидами в осенний период или аэрозольное распыление препарата на пни срезанных древесно-кустарниковых растений	50/50	2

Таблица 1

По результатам НИР было установлено, что из 21 лесничества (заказника, заповедника) территории присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» в 10 лесничествах рекомендуемая периодичность расчистки механизированным методом — мульчером без заглабления в почву составляет семь лет, а в трех лесничествах — восемь лет. Как следствие, для 13 из 21 лесничества в зоне присутствия ПАО «Россети Ленэнерго» имеется потенциал повышения периодичности расчистки просек ВЛ с шести до семи-восьми лет, что, в свою очередь, может привести к снижению ежегодных затрат на расчистку просек

ВЛ от ДКР в разрезе отдельных лесничеств с 16 до 25% соответственно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в ходе выполнения НИР результаты дают представление о различиях в динамике высоты подростка ДКР лиственных и хвойных пород на просеках ВЛ в различных лесорастительных условиях в зависимости от применяемой технологии расчистки, что позволяет использовать эту информацию для планирования

расчистки просек существующих ВЛ, а также при выполнении реконструкции и новом строительстве ВЛ 0,4–10 кВ в филиалах ПАО «Россети Ленэнерго».

Результаты исследования могут быть использованы при формировании многолетних графиков расчистки трасс ВЛ электросетевой компании, а также учтены при формировании технических заданий на расширение просек ВЛ электропередачи. Полученные в ходе реализации работы результаты уже в настоящее время позволяют сделать вывод о возможно-

сти корректировки рекомендованной периодичности расчистки трасс ВЛ от ДКР в 13 из 21 лесничества в сторону увеличения от одного до двух лет, что, в свою очередь, может привести к оптимизации затрат электросетевой организации на поддержание ВЛ в нормативном состоянии в соответствии с действующими регламентными и нормативными документами.

Используя полученные при выполнении НИР данные периодичности расчистки трасс ВЛ в зависимости от примененного метода расчистки, в системе управления производственными активами или в автоматизированной системе управления техническим обслуживанием и ремонтами можно автоматизировать процесс планирования расчистки просек на трассах ВЛ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973.
2. Бартаев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016.

## ПЕРИОДИЧНОСТЬ РАСЧИСТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА РАСЧИСТКИ ОТ ДКР И СТЕПЕНИ ЗАРАСТАНИЯ ПРОСЕК ВЛ (БОКСИТОГОРСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО)

Методы расчистки	Способы расчистки	№	Продолжительность периода (годы) после расчистки просек ВЛ до достижения ДКР высоты 4 м при различной степени их зарастания*				
			минимум	оптимум	3%	6%	10%
Ручные	С применением бензопил, мотокусторезов, топоров, мачете в весенне-летний период	1	3	4	6	6	6
	С применением бензопил, мотокусторезов, топоров, мачете осенью	2	4	5	7	7	7
Механизированные	С применением роторной косилки или катка в весенне-летний период	3	3	4	6	6	6
	С применением роторной косилки или катка осенью по мерзлой почве до образования снежного покрова	4	4	5	7	7	7
	Мульчером без заглабления в почву	5	5	7	8	8	8
	Бульдозером по мерзлой почве до образования снежного покрова без срезки гумусового горизонта почвы	6	5	7	8	8	8
	Бульдозером с заглаблением в почву и срезкой гумусового горизонта	7	8	9	10	10	11
	Мульчером или фрезами с заглаблением в почву	8	8	9	10	10	11
Химические	Внесение арборицида методом инъекций в растения, последующая уборка механизированным или ручным способом	9	9	10	11	11	13
	Аэрозольная обработка весной или летом	10	7	8	9	9	10
	Аэрозольная обработка осенью	11	5	7	8	8	9
Комбинированные	Удаление ДКР механизированным/ручным способом с обработкой пней арборицидами в весенне-летний период или аэрозольным распылением препарата на пни срезанной ДКР	12	7	8	9	9	10
	Удаление ДКР механизированным/ручным способом с обработкой пней арборицидами в осенний период или аэрозольным распылением препарата на пни срезанной ДКР	13	5	7	8	8	9

\* Под степенью зарастания просек ВЛ понимается доля (в %) их площади, на которой ДКР достигла высоты 4 м.

Таблица 2

## ПРИМЕРЫ ГРАФИКОВ МЕТОДОВ РАСЧИСТКИ, ОТРАЖАЮЩИХ РАЗНУЮ СКОРОСТЬ ЗАРАСТАНИЯ ПРОСЕК ВЛ С МОМЕНТА ПОСЛЕДНЕЙ РАСЧИСТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАРАСТАНИЯ ПРОСЕКИ ДКР

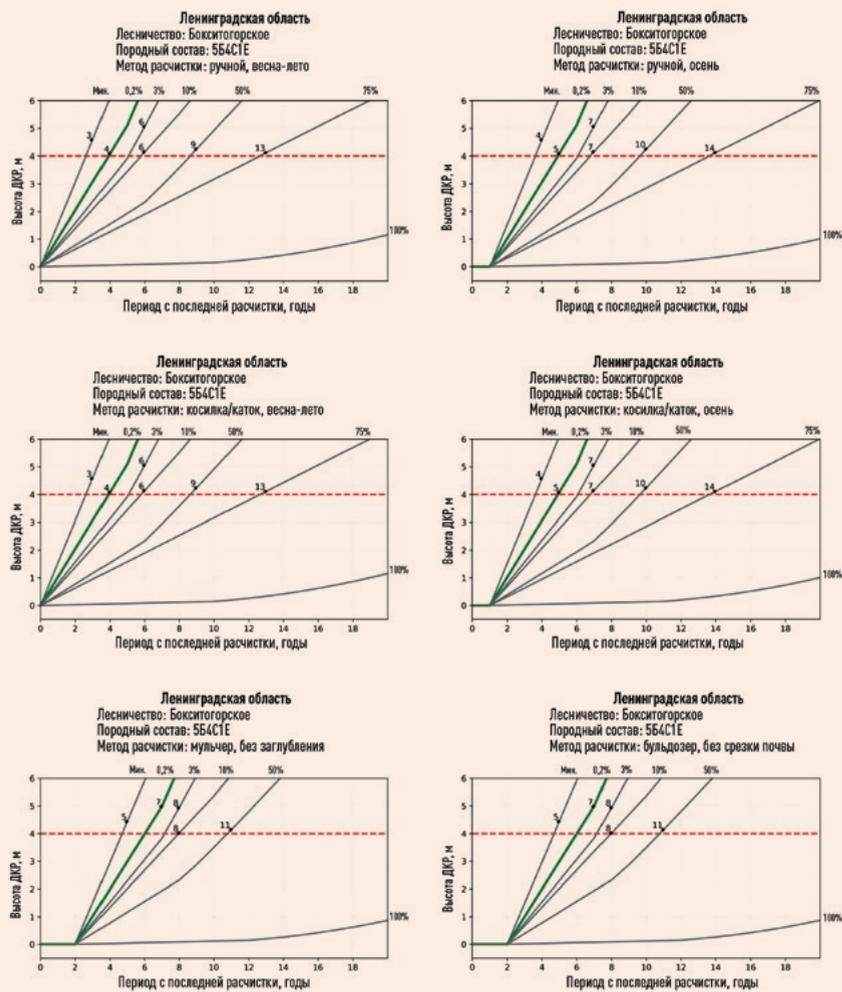


Рис. 8

3. Жарко В.О., Барталев С.А., Егоров В.А. Исследование возможностей оценки запасов древесины в лесах Приморского края по данным спутниковой системы Proba-V//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 1. С. 157–168.

4. Швиденко А.Э., Щепаченко Д.Г., Нильссон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. М., 2008.  
 5. Bartalev S., Egorov V., Loupian E., Khvostikov S. A new locally-adaptive classification method

LAGMA for large-scale land cover mapping using remote-sensing data//Remote Sensing Letters. 2014. Vol. 5. Is. 1. P. 55–64.  
 6. Hansen M., Potapov P., Moore R., Hancher M., Turubanova S., Tyukavina A., Thau D., Stehman S., Goetz S., Loveland T., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. Townshend J. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change//Science. 2013. Vol. 342. Is. 6160. P. 850–853.  
 7. Richards F.J. A flexible growth function for empirical use//Journal of experimental Botany. 1959. Vol. 10. Is. 2. P. 290–301.  
 8. Santoro M., Cartus O., Mermoz S., Bouvet A., Le Toan T., Carvalhais N., Rozendaal D., Herold M., Avitabile V., Quegan S., Carreiras J., Rauste Y., Balzter H., Schmullius C., Seifert F.M. A detailed portrait of the forest aboveground biomass pool for the year 2010 obtained from multiple remote sensing observations//EGU General Assembly 2018. Geophysical Research Abstracts. 2018. Vol. 20. P. EGU2018–18932.  
 9. Zharko V., Bartalev S., Sidorenkov V. Forest growing stock volume estimation using optical remote sensing over snow-covered ground: a case study for Sentinel-2 data and the Russian Southern Taiga region//Remote Sensing Letters. 2020. Vol. 11. Is. 7. P. 677–686.  
 10. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и лесных районов Российской Федерации» (в ред. приказов от 23.12.2014 № 569, от 21.03.2016 № 83, от 18.10.2018 № 528, от 19.02.2019 № 105). [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/420224339>  
 11. Балашов И.В., Кашницкий А.В., Барталев С.А., Барталев С.С., Бурцев М.А., Ворушилов И.И., Егоров В.А., Жарко В.О., Кобец Д.А., Константинова А.М., Лупян Е.А., Сайгин И.А., Сенько К.С., Стыценко Ф.В., Сычугов И.Г., Хвостиков С.А., Ховратович Т.С. Информационная система комплексного мониторинга лесов и охотничьих угодий России ВЕГА-Лес//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2020. Т. 17. № 4. С. 73–88.  
 12. Методические указания по содержанию трасс ВЛ ПАО «Россети Ленэнерго» (утв. приказом ПАО «Россети Ленэнерго» от 22.11.2016 № 601).



## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПТИЦЕЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА (ПЗУ) ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП И ПОДСТАНЦИЙ

- 15 лет на рынке специальных птицевозрастных устройств
- Собственное производство
- Наши устройства соответствуют требованиям: СТО 34.01-2.2-010-2015 ПАО «Россети»
- Устройства одобрены экспертами Союза охраны птиц России.
- Предоставляем наши ПЗУ в опытно-промышленную эксплуатацию.
- Все права защищены патентами.

### АПЗУ-Е-650 – антиприсадочного типа



- Совмещает в себе свойства антиприсадочного устройства и устройства по предотвращению гнездования птиц на электроустановках.
- Обеспечивает соскальзывание гнездостроительного материала, приносимого птицами. Изготавливается из диэлектрического негорючего материала, стойкого к механическим нагрузкам, УФ-излучению и озону.
- Обладает универсальным надежным креплением и может устанавливаться в трех плоскостях.
- Отсутствие парусности – легкая, не монолитная конструкция.
- Выпускается 3 типоразмера.

### ПЗУ-Б-ЗОНТ – барьерного типа



- Защищает подвесные изоляторы от загрязнения птичьим пометом и коррозионной дорожки.
- Подходит для защиты подвесных изоляторов всех типов и размеров, крепится на серьгу.
- Изготавливается из диэлектрического негорючего материала, стойкого к механическим нагрузкам, УФ-излучению и озону.
- Быстрый монтаж.
- Инструмент в комплекте.

### ПЗУ-Б-КВ-500-НГ «Полотно» – барьерного типа



- Предназначено для защиты электросетевых объектов всех номиналов напряжений от проникновения (в т.ч. гнездования) птиц средних и крупных размеров.
- ПЗУ-Б-КВ-500-НГ применяются для оснащения опор ВЛ различного исполнения (металлических решетчатых, полых железобетонных и иных опор, имеющих полости и ниши), опор и порталов подстанций, а также различного электрооборудования.

### ПЗУ-МГЛБ-М «Маркер»



- Снижает вероятность столкновения птиц с проводами ВЛ.
- Применяется на ВЛ всех номиналов напряжений.
- Низкая гололедно-ветровая нагрузка.
- Монтаж на ВЛ 6-20 кВ с земли без снятия напряжения при помощи оперативной штанги.



г. Ульяновск, Московское шоссе, 78 Б, строение 4.  
 Почтовый адрес: 432048, РФ, г. Ульяновск, а/я 5008.  
 Сделать заказ Вы можете по E-mail: [birdprotect@yandex.ru](mailto:birdprotect@yandex.ru)  
 Тел.факс: (8422) 32-38-26  
 Тел.: (9272) 70-24-47  
 Сайт: [www.birdprotect.ru](http://www.birdprotect.ru)