

Геоинформатика. 2022. № 3. С. 39–46.
Geoinformatika. 2022;(3):39–46.

Геоэкология

Научная статья
 УДК 004.94
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-3-39-46>

Разработка базы данных трёхмерных моделей лиственных лесообразующих пород Берёзы и Осины для геоинформационной модели лесной экосистемы

© 2022 г. — М.Р. Вагизов^{1, а)}, М.М. Шишкин^{1, б)}, Е.П. Истомин^{2, в)}, М.А. Новикова^{1, д)}, А.К. Бойцов^{1, е)}

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова; Санкт-Петербург, Россия

² Российский государственный гидрометеорологический университет; Санкт-Петербург, Россия

^{а)}bars-tatarin@yandex.ru, ^{б)}nomad24000@gmail.com, ^{в)}biom@bk.ru, ^{д)}masch.novikova@yandex.ru,

^{е)}a.k.boitsov@yandex.ru

Аннотация: Статья является продолжением цикла работ авторов посвящённых разработке технологии геоинформационного моделирования лесных экосистем. В статье рассматривается вопрос о формировании объектно-ориентированного каталога лиственных древесных растений, произрастающих на территории Лисинского учебно-опытного лесничества, филиала СПбГЛТУ имени С.М. Кирова. Основной целью работы является формирования единой 3D базы данных двух лесообразующих пород: берёзы повислой (*Betula Pendula* Roth.) и тополя дрожащего (осины) (*Populus Tremula* L.) для интеграции сформированного каталога моделей деревьев в среду геоинформационного моделирования лесных экосистем.

Ключевые слова: геомоделирование, геоинформационное моделирование, 3D-моделирование, лесные экосистемы, берёза повислая, тополь дрожащий, осина

Для цитирования: Вагизов М.Р., Шишкин М.Л., Истомин Е.П., Новикова М.А., Бойцов А.К. Разработка базы данных трёхмерных моделей лиственных лесообразующих пород Берёзы и Осины для геоинформационной модели лесной экосистемы // Геоинформатика. — 2022. — № 3. — С. 39–46. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-3-39-46>.

Geoecology

Original article

Development of a database of three-dimensional models of deciduous forest species of Birch and Aspen for a geoinformation model of the forest ecosystem

© 2022 — Marsel R. Vagizov^{1, а)}, Mikhail M. Shishkin^{1, б)}, Eugeny P. Istomin^{2, в)}, Maria A. Novikova^{1, д)}, Alexander K. Boytsov^{1, е)}

¹ Institute of Forestry and Nature Management, St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov; St. Petersburg, Russia

² Russian State Hydrometeorological University; St. Petersburg, Russia

^{а)}bars-tatarin@yandex.ru, ^{б)}nomad24000@gmail.com, ^{в)}biom@bk.ru, ^{д)}masch.novikova@yandex.ru, ^{е)}a.k.boitsov@yandex.ru

Abstract: The article is a continuation of the authors' cycle of works devoted to the development of geoinformation modeling technology for forest ecosystems. The article deals with the formation of an object-oriented catalog of deciduous woody plants growing on the territory of the Lisinsky educational and Experimental Forestry, a branch of S. M. Kirov SPbGLTU. The main purpose of the work is to form a single 3D database of two forest-forming species of hanging birch (*Betula Pendula* Roth.) and trembling poplar (*Populus Tremula* L.) to integrate the generated catalog of tree models into the environment of geoinformation modeling of forest ecosystems.

Key words: databases, geoinformation modeling, 3D-modeling, forest ecosystems, the birch is hanging, the poplar is trembling, the aspen

For citation: Vagizov M.R., Shishkin M.L., Istomin E.P., Novikova M.A., Boytsov A.K. Development of a database of three-dimensional models of deciduous forest species of Birch and Aspen for a geoinformation model of the forest ecosystem. *Geoinformatika*. 2022;(3):39–46. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-3-39-46>. In Russ.

Введение

В ранее опубликованной научной работе по разработке базы данных трехмерных моделей хвойных лесообразующих пород сосны и ели обыкновенной для геоинформационной модели лесной экосистемы описывался процесс формирования хвойных пород деревьев Лисинского учебно-опытного лесничества, филиала СПбГЛТУ [3]. Данная работа является продолжением цикла работ авторов, где процесс отображения актуальной геопространственной информации о лесном фонде актуален и необходим по следующим объективным причинам:

- необходимость контроля состояния лесных ресурсов;
- необходимость в ликвидации незаконной заготовки древесины;
- поддержание в актуальном состоянии данных лесоустройства;
- научные исследования и разработки в области лесного хозяйства.

Данный перечень не окончательный, потенциал использования динамических геоинформационных моделей лесных экосистем многообразен.

Под динамичной моделью понимается, такое свойство моделей, позволяющее постоянно агрегировать информацию в объект моделирования. Улучшать характеристики моделей с возможностью сохранения данных, визуализации и отображения истинных биометрических свойств конкретного типа модели дерева, как в пределах микро и макро-модели, так и в пределах дистанционного типа моделей, предложенных в научных работах [4, 5]. Найти способ применения таких моделей возможно и в образовательных целях [7, 10], и в целях управления лесными территориями.

Процесс построения геоинформационной модели лесной экосистемы, тесно связан с процессом построения геоинформационной модели территории, но более сконцентрирован на отображении главного компонента — древесных растений, являющихся основным образующим элементом лесной экосистемы. Поскольку в анализе научной литературы не выявлено единого методологического подхода по построению таких типов моделей, в данной работе предлагается формирование единого каталога трёхмерных моделей деревьев на локализованную территорию с определёнными условиями местопроизрастания. В качестве примера моделирования такой территории выступает Лисинское учебно-опытное лесничество, в котором содержатся все лесообразующие породы Северо-Запада России (Сосна, Ель, Берёза, Осина).

Данный подход формирования определённых каталогов баз данных 3D-моделей деревьев в рамках укрупнённых территориальных единиц, например на основе федеральных округов, может стать началом формирования единого полноценного каталога моделей древесных растений, для формирования цифрового двойника леса, в рамках совершенство-

вания и трансформации технологий учёта древесной растительности на территории России. Единая цифровая модель может быть использована в качестве инструмента государственной инвентаризации лесов, поскольку в таком способе отображения информации есть каждое дерево. Формируя такой геоинформационный комплекс данных, возможно, интегрировать и стандартизировать для использования предлагаемые модели в рамках государственного управления лесами на основе цифровой копии лесничества. Более того, для предотвращения незаконной рубки насаждений каждую модель можно связать с технологией блокчейн, таким образом, фиксируется контроль соответствия леса на корню и его будущего лесопользования. Основная идея данной части заключается в фиксации данных в натуре с его цифровой копией, что позволит верифицировать каждую модель конкретного лесничества.

Поэтапный процесс построения 3D-моделей хвойных древесных растений, с I по VII класс возраста, описывался в работе [3], поскольку шаг класса возраста у хвойных пород деревьев составляет 20 лет, то первоначально были сформированы модели на конечный год каждого класса возраста. Однако в перспективе возможна разработка промежуточных моделей, вплоть до формирования моделей на каждый год. У лиственных пород деревьев шаг класса возраста составляет 10 лет, следовательно, разработка 3D-моделей будет вестись аналогичным образом, где на конечный год класса возраста будет проектироваться 3D-модель дерева. Здесь справедливо утверждение, что невозможно отобразить всё многообразие биометрических свойств в модели одного дерева на протяжении всего его жизненного цикла. Однако на данный момент в исследовании не стоит задача формирования большого количества разных моделей и их морфологических свойств, основной вектор исследований сосредоточен на технологическом процессе самой технологии разработки 3D-моделей. При этом, стоит отметить, что в естественных условиях местопроизрастания, и в плантационном лесовыращивании существует определённая единообразная структура древостоев [9, 1], что позволяет сделать вывод о нецелесообразности разработки большого количества различных форм трёхмерных моделей в пределах одного класса возраста.

Главная задача проектирования 3D-моделей на данном этапе, это установление точных отображаемых морфометрических характеристик дерева в пределах одного класса возраста. В данном исследовании определены две лиственные породы деревьев, которые являются лесообразующими, это берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) — 31% от всего состава покрытых лесной растительностью площади и тополь дрожащий или осина (*Populus tremula* L.) — 8%, по данным лесного плана Ленинградской области.

Процесс моделирования

В основе процесса моделирования лежит принцип отображения всего покрываемого древесного покрова на занимаемой территории. Для реализации моделей будет использоваться графический редактор Blender, однако, можно отметить, что на данный момент существуют открытые 3D-библиотеки разных видов деревьев, где условность этих моделей, отсутствие привязки к территориальным особенностям не позволяет их использование для серьёзного научно-практического применения.

Blender — бесплатный пакет для создания 3D-объектов с открытым исходным кодом. Он поддерживает весь спектр необходимых функций для проектирования и работы с 3D: моделирование, монтаж, анимацию, симуляцию, рендеринг, композитинг и отслеживание движения. Blender предоставляет довольно широкий спектр возможностей для моделирования, рендера и анимации, который не всегда имеется даже в платных аналогах. Технологии анимации, используемые в программной среде так же полезны для их применения в лесном хозяйстве, для отображения, к примеру, перехода древостоя из одного класса возраста в другой с течением времени. При этом, возможна настройка отображения заданного временного интервала таким образом, где возможно отображение процесса роста древостоя с течением времени на 10, 20, 40 и более лет, ограничения задаются проектировщиком модели.

Для работы с моделями в Blender (и другим программным обеспечением для моделирования) используется формат файлов *.obj.

Формат файлов *.obj — это простой формат данных, который содержит только 3D-геометрию, а именно, позицию каждой вершины, связь координат текстуры с вершиной, нормаль для каждой вершины, а также параметры, которые создают полигоны.

Процесс проектирования 3D моделей

В основе процедуры процесса проектирования моделей берёзы повислой (*Betula Pendula* Roth.) использовался схожий подход из предыдущей научной работы [3]. В качестве дополнительных материалов уточняющих характеристики древостоев использовались фотоматериалы, полученные на основе полевых исследований авторов в период 2021 и 2022 года (рис. 1).

Объектом исследования выступал 196 квартал Лисинского учебно-опытного лесничества, где фиксировались основные таксационные показатели каждой моделируемой породы дерева определённого класса возраста. Перед началом исследований были определены лесотаксационные выделы, состав которых определялся в основном чистыми или смешанными насаждениями с преобладанием берёзы и осины. В качестве вспомогательного инструмента для сбора информации был использован беспилотный летательный аппарат DJI Air 2 S официально зарегистрированный в Росавиации (рис. 2).

Рис. 1. Выдел с преимущественным составом берёзы
Fig. 1. Section with the predominant composition of birch



Рис. 2. Горизонтальный пролет над березовыми насаждениями 196 квартала
Fig. 2. Horizontal span over the birch plantations of the 196th quarter



Дополнительно, для уточнения биометрических свойств были задействованы научные работы [2, 9, 8], вспомогательными инструментами так же являлись подборка фотоизображений берёзы и осины в условиях произрастания на территории Ленинградской области на разной жизненной стадии.

Особенность геопространственного моделирования лесных экосистем состоит в том, что при сборе информации в определённых условиях формируемая модель будет обладать предметно-истинными свойствами самих условий, где произведена фиксация информации. Каждое из определяемых свойств дерева (высота, диаметр, класс крафта) можно выделить и вывести посредством интерфейса для отображения, однако для этого требуется отдельный программный продукт, к примеру, геоинформационная система QGIS. Данные свойства можно дополнять, а модель постоянно улучшать, вносить изменения, уточнять особенности, такую модель можно охарактеризовать, как интерактивная геоинформационная 3D-модель.

Для микромоделей лесной экосистемы возможно отображение каждого дерева. Формируемые параметры для отображения можно задавать самостоятельно с учётом целевого использования модели. К примеру, для березняков возможно отображение не только их пространственной структуры, но и типа лесорастительных условий, состава подроста и живого напочвенного покрова.

Процесс моделирования делится на 4 этапа (рис. 3). На первом этапе в среде моделирования

Blender размещается ствол, затем на основе фотоизображений размечаются ветки, после чего системой частиц наносится листва, стоит отметить, что нанесение листвы, в отличие от хвои происходит быстрее, поскольку на отображение фрагментов листвы требуется меньшее количество затрат производительности компьютера. При этом, несмотря на относительно небольшие размеры моделей деревьев с I по II класс возраста, для их детального моделирования и начиная с III класса возраста требуется мощное аппаратное обеспечение, как вычислительной мощности процессора, так и вспомогательного графического процессора в виде дискретной видеокарты, где важным параметром является объём видеопамяти, который должен составлять не менее 2 гигабайт.

Следующим и заключительным этапом является наложение текстур поверх модели дерева, текстуры либо импортируются, либо моделируются вручную. Основная задача заключается в подборе цветовой гаммы, и таких деталей, как особенности коры. К примеру, у берёзы цветовой варианты коры варьируют и меняются с возрастом: от белого цвета, до желтоватого и красновато-бурого. Так же на стволе, как правило, присутствуют продольные линии, которые увеличиваются с возрастом.

В программной среде Blender процесс моделирования представлен на рисунке 4. После формирования каталога древесных растений, возможно, перейти к процессу размещения растительности в пространстве или к процессу геопространственного

Рис. 3. Общая схема процесса моделирования берёзы
Fig. 3. The general scheme of the birch modelling process

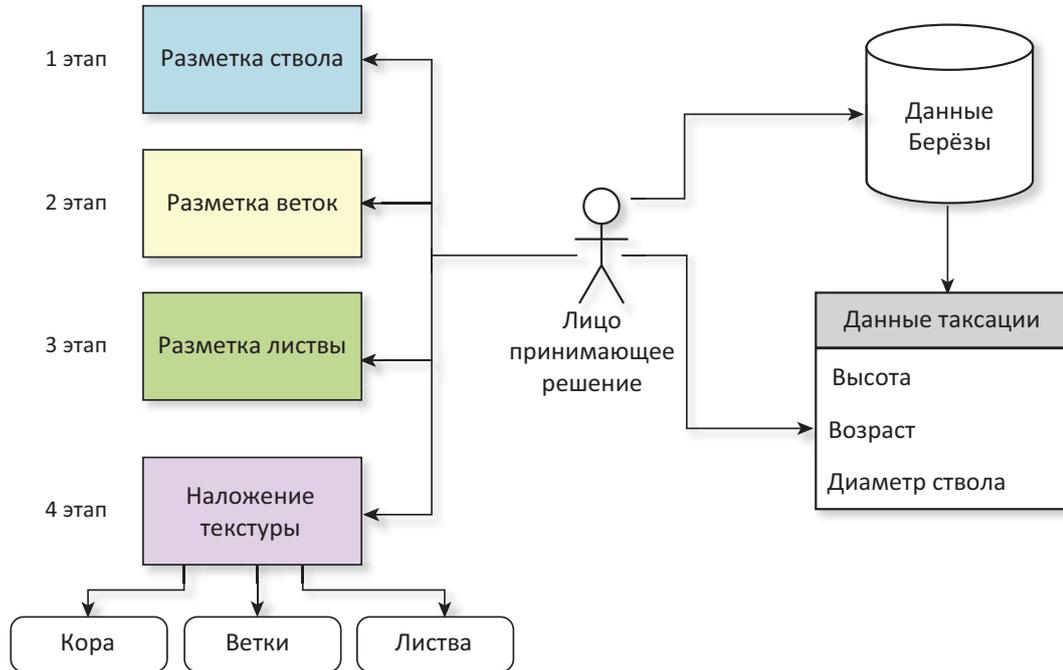


Рис. 4. Отображение основных элементов и структуры верхней части берёзы
Fig. 4. Display of the main elements and structure of the upper part of the birchy

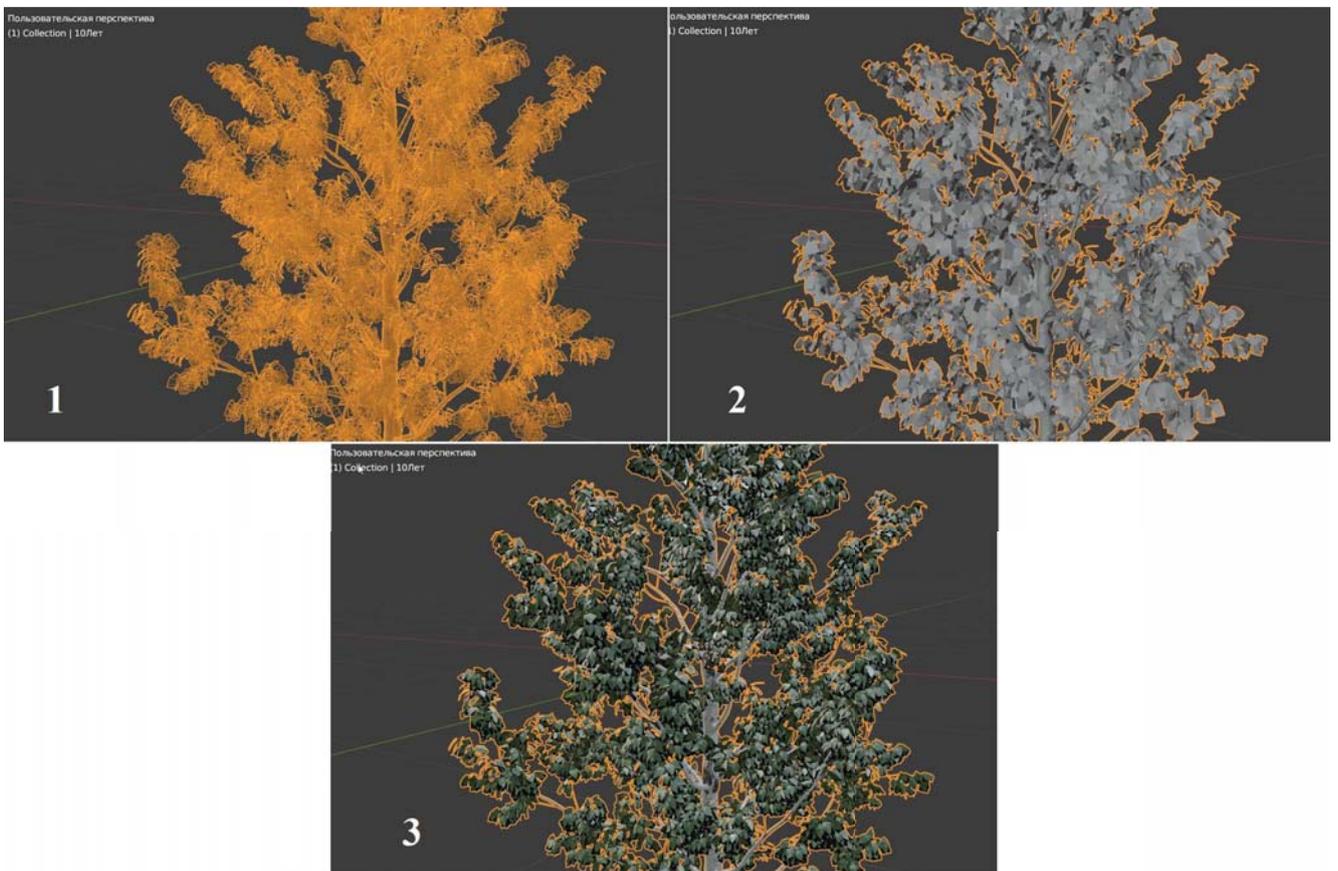


Рис. 5. Трёхмерные модели берёзы

Fig. 5. Three-dimensional models of the birch



проектирования леса. В общем виде данный процесс разделяется на следующие этапы:

- 1) определение территории для моделирования;
- 2) определение типа и масштаба модели;
- 3) определение компонентов моделирования;
- 4) формирование каталогов 3D-объектов конкретных моделей;
- 5) формирование геополя или импорта данных рельефа территории;
- 6) размещение растительности согласно данным дистанционного зондирования Земли.

Полный технологический процесс геоинформационного моделирования лесной экосистемы представлен в научной работе [11].

Аналогичным образом разрабатывались база данных 3D-моделей на осину (*Populus Tremula L.*). По результатам исследования сформированы основные каталоги 3D-деревьев берёзы и осины Лисинского учебно-опытного лесничества в виде структурированного и упорядоченного набора данных, а также сформирована база данных трёхмерных объектов, подготовлена документация для регистрации базы данных в федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

Примеры итогового вида некоторых разработанных моделей представлен на рисунке 5.

Заключение

Будущее развитие лесного хозяйства, как и в целом лесного сектора России напрямую связано с развитием геоинформационных технологий в данной области. Однако, за интенсивный период цифровизации и компьютеризации, начавшийся в 2000-ых годах в области лесного сектора, передовые технологии не развивались стремительно, особенно учёными отмечается отсутствие инновационных технологий в лесной отрасли [6]. Именно на основании выявленных потребностей процесса управления лесными землями требуется методологическая база, способная стать надежной инструкцией для развития геопространственных технологий данного направления и возможностей их практического применения в лесной отрасли.

Процесс разработки отдельных видов деревьев в виде трёхмерных моделей, является сопровождающим элементом общей технологии геоинформационного моделирования лесных экосистем. После его успешной реализации возможно общая интеграция моделей в среду геоинформационного моделирования, так и полноценное применение в интересах развития лесного сектора различными частными компаниями, специалистами и государственными учреждениями для эффективного управления лесными землями.

Список источников

1. *Бойцов А.К., Жигунов А.В., Григорьев А.А., Бондаренко А.С.* Оценка перспективности использования клонов гибридных тополей и осины для плантационного лесовыращивания в условиях Северо-Запада России // *Леса России: политика, промышленность, наука, образование* : Материалы третьей междунар. науч.-техн. конф. (Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 г.) / Под ред. В.М. Гедьо. – СПб. : СПбГЛТУ, 2018. – С. 40–43.
2. *Бойцов А.К., Логачев А.А., Мусин Х.Г.* Использование искусственных нейронных сетей для определения перспективности использования клонов гибридных пород древесины для плантационного лесовыращивания // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2021. – № 237. – С. 288–298. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.288-298.
3. *Вагизов М.Р.* Разработка базы данных трехмерных моделей хвойных лесообразующих пород сосны и ели обыкновенной для геоинформационной модели лесной экосистемы // *Информация и космос*. – 2022. – № 2. – С. 162–167.
4. *Вагизов М.Р.* Разработка технологии геоинформационного моделирования лесных экосистем (часть 3) // *Геоинформатика*. – 2022. – № 2. – С. 34–41. – DOI: 10.47148/1609-364X-2022-2-34-41.
5. *Вагизов М.Р.* Цифровое геомоделирование лесов: новый этап анализа данных о лесных экосистемах // *Сборник научных трудов Совета молодых ученых СПбГЛТУ*. – СПб. : СПбГЛТУ, 2021. – С. 4–8.
6. *Кравченко П.П., Бурцев Д.С.* Цифровые технологии в лесной промышленности: перспективы и барьеры // *Вопросы инновационной экономики*. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 1029–1050. – DOI: 10.18334/vinec.12.2.114874.
7. *Лернер И.Я.* Дидактические основы методов обучения. – М.: Педагогика, 1981. – 185 с.
8. *Новикова М.А.* Особенности естественного возобновления березы в условиях Ленинградской и Тверской областей: автореферат дис. ... канд. с.-хоз. наук. – СПб., 2016. – 22 с.
9. *Новикова М.А., Грязькин А.В., Новиков Я.А., Любимова А.С., Сырников И.А.* Структура и состояние подроста березы под пологом древостоев // *Успехи современного естествознания*. – 2016. – № 5. – С. 58–63.
10. *Петрова Н.А., Ефимов Д.А., Бойцов А.К.* Приложение для обучения в лесной отрасли с применением 3d-моделирования // *Актуальные вопросы лесного хозяйства* : материалы V междунар. молодеж. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2021 г.). – СПб. : СПбГЛТУ, 2021. – С. 165–169.
11. *Vagizov M.R., Istomin E.P., Miheev V.L., Potapov A.V., Yagotinceva N.V.* Visual digital forest model based on a remote sensing data and forest inventory data // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13. – No. 20. – 4092. DOI: 10.3390/rs13204092.

References

1. *Boitsov A.K., Zhigunov A.V., Grigor'ev A.A., Bondarenko A.S.* Otsenka perspektivnosti ispol'zovaniya klonov gibridnykh topolei i osiny dlya plantatsionnogo lesovyvrashchivaniya v usloviyakh Severo-Zapada Rossii [Evaluation of the prospects of using clones of hybrid poplars and aspen for plantation forest cultivation in the conditions of the North-West of Russia]. In: Ged'o V.M. (ed.). *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie*: Materialy tret'ei mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (St. Petersburg, 23–24 May 2018). St. Petersburg: SPBGLTU; 2018. pp. 40–43.
2. *Boitsov A.K., Logachev A.A., Musin H.G.* Using artificial neural networks to determine the prospects of using hybrid tree clones for plantation reforestation. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*. 2021;237:288–298. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.288–298.
3. *Vagizov M.R.* Development of a database of three-dimensional coniferous species for a geoinformation forest model. *Information and space*. 2022;2:162–167.
4. *Vagizov M.R.* Development of technology for geoinformation modeling of forest ecosystems (part 3). *Geoinformatika*. 2022;2:34–41. DOI: 10.47148/1609-364X-2022-2-34-41.
5. *Vagizov M.R.* Digital forest geomodelling: a new stage in forest ecosystem data analysis. In: *Sbornik nauchnykh trudov Soveta molodykh uchenykh SPBGLTU*. St. Petersburg: SPBGLTU; 2021. pp. 4–8.
6. *Kravchenko P.P., Burtsev D.S.* Digital technologies in the forestry industry: prospects and barriers. *Russian journal of innovation economics*. 2022;12(2):1029–1050. DOI: 10.18334/vinec.12.2.114874.
7. *Lerner I.Ya.* Didakticheskie osnovy metodov obucheniya [Didactic foundations of teaching methods]. Moscow: Pedagogika; 1981. 185 p.
8. *Novikova M.A.* Osobennosti estestvennogo vozobnovleniya berezy v usloviyakh Leningradskoi i Tverskoi oblasti: avtoreferat dis. ... kand. s.-khoz. nauk [Peculiarities of natural regeneration of birch in the conditions of the Leningrad and Tver regions: candidate of agricultural sciences dissertation abstract]. St. Petersburg, 2016. 22 p.
9. *Novikova M.A., Gryazkin A.V., Novikov Ya.A., Lyubimova A.S., Syrnikov I.A.* The structure and status of undergrowth of birch under the canopy of forest stands. *Advances in current natural sciences*. 2016;5:58–63.
10. *Petrova N.A., Efimov D.A., Boitsov A.K.* 3D-simulation training application for the forest industry. In: *Aktual'nye voprosy lesnogo khozyaistva: materialy V mezhdunar. molodezh. nauch.-prakt. konf.* (St. Petersburg, 11–12 November 2021). St. Petersburg: SPBGLTU; 2021. pp. 165–169.
11. *Vagizov M.R., Istomin E.P., Miheev V.L., Potapov A.V., Yagotinceva N.V.* Visual digital forest model based on a remote sensing data and forest inventory data. *Remote Sensing*. 2021;13(20):4092. DOI: 10.3390/rs13204092.

Статья поступила в редакцию 14.08.2022, одобрена после рецензирования 06.09.2022, принята к публикации 23.09.2022.
The article was submitted 14.08.2022; approved after reviewing 06.09.2022; accepted for publication 23.09.2022.

Информация об авторе

Вагизов Марсель Равильевич

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой информационных систем
и технологий Института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
e-mail: bars-tatarin@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-4848-1619

Шишкин Михаил Максимович

Бакалавр информационных систем и технологий,
Магистрант кафедры информационных систем и технологий
Института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
e-mail: nomad24000@gmail.com

Истомин Евгений Петрович

Доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой прикладной информатики ФГБОУ ВО «Российский
государственный гидрометеорологический университет»
192007, Санкт-Петербург, Воронежская улица, д. 79
e-mail: biom@bk.ru

Новикова Мария Александровна

Кандидат сельскохозяйственных наук,
Доцент кафедры информационных систем и технологий,
Института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
e-mail: masch.novikova@yandex.ru

Бойцов Александр Константинович

Магистр информационных систем и технологий,
аспирант кафедры лесных культур, ассистент кафедры
информационных систем и технологий Института леса и
природопользования ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
e-mail: a.k.boitsov@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-3417-2818

Information about author

Marsel R. Vagizov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Information Systems
and Technologies of Institute of Forestry and Nature Management,
St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
e-mail: bars-tatarin@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-4848-1619

Mikhail M. Shishkin

Bachelor of Information Systems and Technologies,
Master's student of the Department of Information Systems
and Technologies of Institute of Forestry and Nature Management,
St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
e-mail: nomad24000@gmail.com

Eugeniy P. Istomin

Doctor of Technical Sciences, Professor
Head of Applied Informatics Department of the Russian State
Hydrometeorological University
79, Voronezhskaya str., St. Petersburg, 192007, Russia
e-mail: biom@bk.ru

Maria A. Novikova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the
Department of Information Systems
and Technologies of Institute of Forestry and Nature Management,
St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
e-mail: masch.novikova@yandex.ru

Alexander K. Boytsov

Master of Information Systems and Technologies, Postgraduate
Student of the Department of Forest Plantations, Assistant of the
Department of Information Systems and Technologies of Institute
of Forestry and Nature Management, St. Petersburg State Forest
Technical University named after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
e-mail: a.k.boitsov@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-3417-2818