



ОРГАНИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СЕЛЕКЦИИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ОСНОВЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ

Анна А. Попова¹ ✉, logachevaaa@rambler.ru, 0000-0003-4711-5377

Светлана С. Морковина¹, tc-sveta@mail.ru, 0000-0003-3776-5181

Анна В. Иванова¹, anna_iv_1989@mail.ru, 0000-0002-3972-4378

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

В статье рассмотрены вопросы создания организационной модели селекции на основе цитогенетических и морфологических маркеров для лесовосстановления в условиях центральной лесостепи. Приведены результаты разработки организационной модели, представленные комплексом контекстных диаграмм, созданных в программном продукте Business Studio 4.0. Декомпозиция процессов селекции на основе цитогенетических и морфологических маркеров в виде контекстных диаграмм позволила визуализировать процесс идентификации селекционно-ценных генотипов дуба черешчатого и выстроить в пространстве и времени последовательный процесс применения дополнительных маркеров отбора совместно с классическими подходами селекции, выбора методов и средств их достижения целей селекции. Обеспечение наглядности процесса селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров позволяет за счет технологического описания состава процессов, характеристики потребляемых ресурсов (материальных, трудовых и финансовых) получить представление об изучаемом процессе и быстро произвести логический вывод из большого количества полученных данных. Модельная организация процесса создания лесных насаждений быстрорастущих видов выполнена с целью наиболее эффективного использования техники и повышения производительности труда, что определяет ее перспективное использование в качестве инструмента селекции и позволяет ускорить процесс отбора потомства *Quercus robur* L. при создании лесных культур.

Ключевые слова: селекция, организационная модель, отбор, дуб черешчатый, цитогенетические маркеры, морфологические маркеры

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Попова, А. А. Организационная модель селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров / А. А. Попова, С. С. Морковина, А. В. Иванова // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 2 (42). – С. 5–14. – Библиогр.: с. 12–14 (13 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.2/1>.

Поступила: 25.05.2021 **Принята к публикации:** 20.06.2021 **Опубликована онлайн:** 01.07.2021

ORGANIZATIONAL MODEL OF PEDUNCULATE OAK BREEDING BASED ON CYTOGENETIC AND MORPHOLOGICAL MARKERS

Anna A. Popova¹ ✉, logachevaa@rambler.ru,  0000-0003-4711-5377

Svetlana S. Morkovina¹, tc-sveta@mail.ru,  0000-0003-3776-5181

Anna V. Ivanova², anna_iv_1989@mail.ru,  0000-0002-3972-4378

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

The article discusses the issues of creating an organizational model of selection based on cytogenetic and morphological markers for reforestation in the conditions of the central forest-steppe. The results of the development of an organizational model are presented, presented by a complex of context diagrams, created in the software product Business Studio 4.0. The decomposition of selection processes based on cytogenetic and morphological markers in the form of context diagrams made it possible to visualize the identification process of pedigree genotypes of pedunculate oak and to build in space and time a sequential process of using additional selection markers in conjunction with classical breeding approaches, selection of methods and means of achieving breeding goals. Providing the visibility of the pedunculate oak breeding process based on cytogenetic and morphological markers allows, due to the technological description of the composition of the processes, the characteristics of the consumed resources (material, labor and financial), to get an idea of the process under study and quickly draw a logical conclusion from the large amount of data obtained. The model organization of the process of creating forest plantations of fast-growing species was carried out with the aim of the most efficient use of technology and an increase in labor productivity, which determines its promising use as a selection tool and makes it possible to accelerate the selection process of *Quercus robur* L. offspring when creating forest crops.

Keywords: breeding, organizational model, selection, pedunculate oak, cytogenetic markers, morphological markers

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Popova A.A., Morkovina S.S., Ivanova A.V (2021) Organizational model of pedunculate oak breeding based on cytogenetic and morphological markers. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 11, No. 2 (42), pp. 5-14 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.2/1>.

Received: 25.05.2021 **Accepted for publication:** 20.06.2021 **Published online:** 01.07.2021

Введение

Климатические изменения, получившие небывалый размах в последние годы, ведут к утрате не только отдельных растений, но и целых видов, разрушению экосистем. На этом фоне возрастает важность ускоренной селекции древесных растений, которая позволяет не только изучить и выделить наиболее ценные формы и популяции, но и обеспечить получение ценных в генетическом от-

ношении семян на объектах, входящих в Единый генетико-селекционный комплекс (ЕГСК).

Следует отметить, что по данным федерального агентства лесного хозяйства средняя ежегодная потребность в семенах лесных растений в период 2017-2019 гг. составляет 241,4 т. Неурожайные годы лесных семян заставляют формировать лесосеменные запасы в регионах и поддерживать Федеральный фонд семян лесных растений на уровне 20 тонн семян.

В этой связи ежегодная заготовка семян в среднем по РФ составляет 355 т, в том числе семян с улучшенными наследственными свойствами не более 2,5 %.

Доля семян с улучшенными наследственными свойствами в общем объеме заготовленных семян в 2018 году составила 3,5 %, что выше показателей предыдущих лет (в 2017 году – 2,7 %, в 2016 году – 2,4 %). Продуцирующая способность имеющихся объектов лесного семеноводства используется не в полной мере. Площадь объектов лесного семеноводства снижается из-за естественного старения и списания (табл. 1).

Мировая практика семеноводства свидетельствует о том, что использование улучшенных семян и посадочного материала повышает продуктивность создаваемых насаждений не менее чем на 10 % [8].

С целью обеспечения лесокультурного производства высококачественным посевным и поса-

дочным материалом, обладающим ценными наследственными свойствами, в предприятиях лесного хозяйства создаются постоянные лесосеменные базы на селекционно-генетической основе [6, 9].

Проводимые генетико-селекционные исследования в лесном хозяйстве направлены на выявление комплекса хозяйственно ценных признаков, способствующих повышению продуктивности, качества древесины и устойчивости создаваемых искусственных лесов [4, 13].

В России получили развитие следующие методы лесной селекции:

- отбор географических происхождений;
- массовый отбор или плюсовая селекция;
- индивидуальный отбор (отбор по потомству);
- селекция популяций (происхождений, плюсовых насаждений и т.д.);
- гибридизация.

Таблица 1

Объекты лесного семеноводства

Table 1

Objects of forest seed production

Наименование объектов лесного семеноводства Name of objects of forest seed production	Ед. изм. Units	2006	2013	2018
Плюсовые деревья Plus trees	шт. PCS	43323	34161	32061
Плюсовые насаждения Plus plantings	га ha	16984,4	14823,4	14122,2
Лесосеменные плантации Forest seed plantations	га ha	7958,0	6069,3	5857,4
Архивы клонов Clone archives	га ha	661,0	588,9	573,6
Маточные плантации Mother plantations	га ha	304,2	215,4	210,2
Постоянные лесосеменные участки Permanent seed plots	га ha	45505,3	19154,2	17149,2
Постоянные лесосеменные участки, заложенные улучшенным посадочным материалом Permanent seed plots with improved planting stock	га ha	-	1679,6	1411,9
Лесные генетические резерваты Forest genetic reserves	га ha	219868,1	203987	197697,6

Источник: по данным Федерального бюджетного учреждения Российский центр защиты леса

Source: according to the Federal Budgetary Institution Russian Forest Protection Center

В лесной селекции применяют обычно следующую схему: отбор по потомству экотипов (популяций), массовый отбор внутри лучших популяций, отбор по потомству [2].

Профессор В.В. Тараканов отмечает, что в России активно развивается лесная селекция с использованием методов популяционной селекции,

массового отбора по фенотипу плюсовых деревьев в сочетании с их индивидуальным отбором по потомству, а также клоновая селекция и др. [2].

В то же время профессор А.П. Царев, анализируя европейские программы селекции древесных растений, склонен считать, что перспективными для условий РФ являются отбор плюсовых деревьев и создание в каждом лесосеменном районе специализированных селекционных популяций, по аналогии со шведским опытом [12].

Профессор А.В. Жигунов, рассматривая семенное и вегетативное потомство плюсовых деревьев ели европейской на лесосеменных плантациях по основным, имеющим хозяйственное значение направлениям отбора, подчеркивает важность комплексной оценки генетических свойств плюсовых деревьев [1].

Массовый отбор (плюсовая селекция) по продуктивности показал невысокую эффективность в связи с низкой наследуемостью. Однако его потенциал может быть увеличен. Эти подходы отражают: во-первых, идентификацию лучших деревьев по наследственно устойчивым и не зависимым от среды «маркерам», генетически скоррелированным с интенсивностью роста, и, во-вторых, минимизацию «экологического отклонения» какого-либо лабильного признака [11].

Таким образом, исследователи данной проблематики указывают на необходимость развития методологии селекции древесных растений в части маркер-вспомогательной селекции (MAS, Marker Assisted Selection), которая оперирует молекулярными маркерами ключевых генов, влияющих на формирование ценных признаков [3].

В программах селекции важно использовать сочетание нескольких методов, и ни один не может считаться главным до выяснения его практических результатов. Огромное количество генотипов (и фенотипов) в природных популяциях является исходным материалом эволюции.

Не секрет, что именно дубравы центральной лесостепи представляют экологическую и экономическую значимость для региональных экосистем. В условиях климатических изменений именно дубравы лесостепи значительно уменьшились по площади и находятся в состоянии депрессии и распада,

что все чаще становится объектом пристального внимания лесоводов и ученых [5].

Это предопределяет необходимость, наряду с сохранением дубрав центральной лесостепи, создания лесосеменных объектов и проведения селекции лучших насаждений, ЛСП, ЛСУ, МП, для выявления потомства с высокой энергией роста [7]. В Воронежской области в 70-х годах было заложено в общей сложности более 80 селекционных объектов и выделено более 180 плюсовых деревьев р. *Quercus L.*

Цель исследования заключалась в построении организационной модели селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров для лесовосстановления в условиях центральной лесостепи.

Материалы и методы

Функциональное моделирование процесса организации селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров визуализировано посредством графической нотации IDEF0, позволяющей формализовать и описать основные бизнес-процессы в программном продукте Business Studio 4.0. Организационная модель селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров представляет собой ряд контекстных диаграмм процессов и подпроцессов, выстроенных во времени и пространстве, обеспечивающих наглядность и удобство использования и позволяющих получить представление о производстве и быстро произвести логический вывод из большого количества полученных данных.

Модель включает в себя технологическое описание и состав процессов, характеристики потребляемых ресурсов (материальных, трудовых и финансовых), последовательность операций селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров.

Результаты и обсуждение

Организация процесса селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров состоит в определении последовательности применения дополнительных маркеров отбора совместно с классическими подходами селекции, выборе методов и средств достижения целей селекции (рис. 1).

Ученый делает выводы и описывает дальнейшие возможности исследования.

Описываются в логической последовательности в виде отдельных фрагментов, разделенных подзаголовками, без повторения методических подробностей, без дублирования цифровых данных, приведенных в таблицах и рисунках.

Процесс организации комплексной селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и мор-

фологических маркеров включает комплекс взаимосвязанных операций:

1. Подготовительный этап.
2. Лабораторные исследования.
3. Посадка семенного материала в открытый грунт.
4. Проведение морфологического анализа семян.
5. Кластерный анализ.
6. Сравнительный анализ.

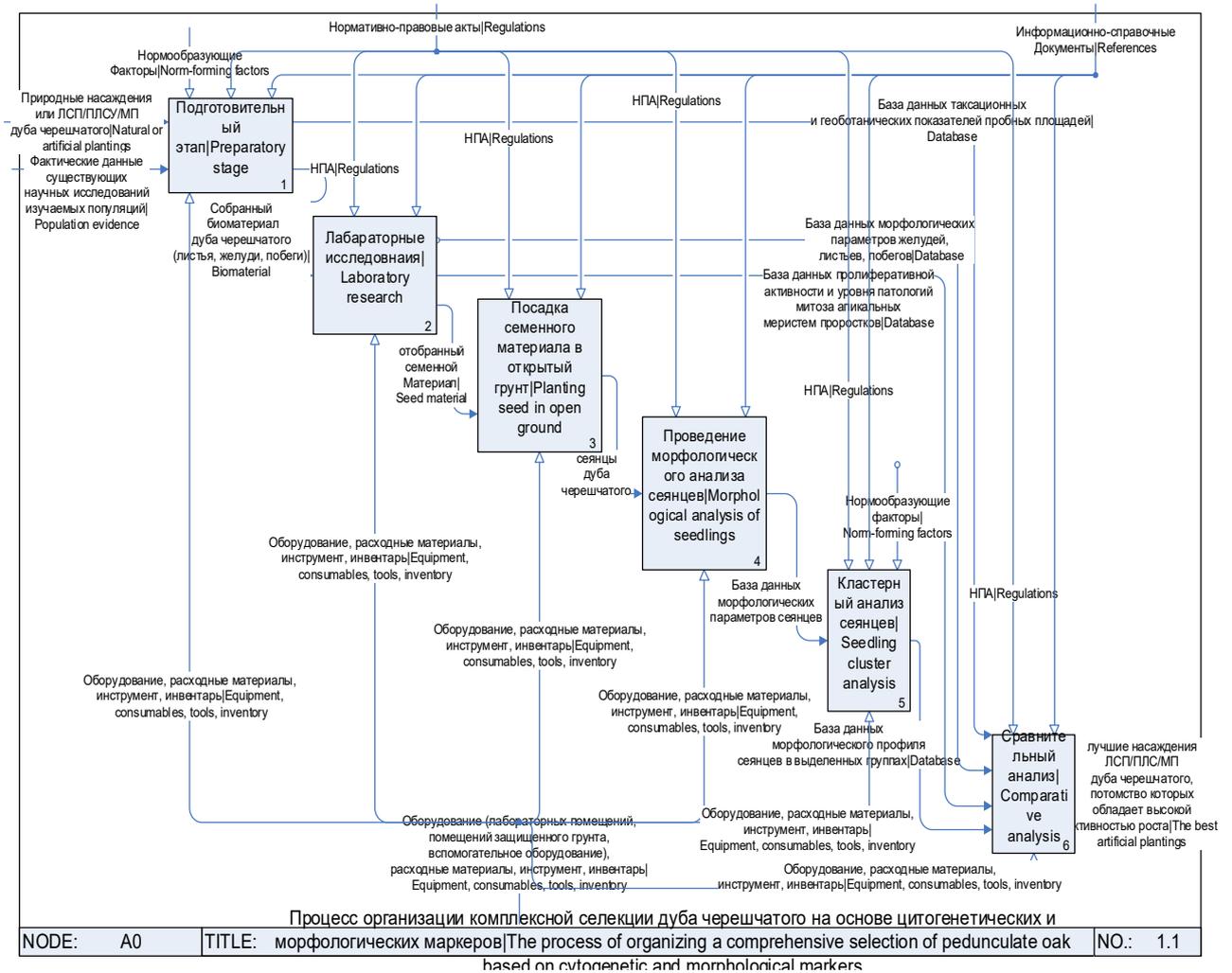


Рис. 1. Декомпозиция контекстной диаграммы «А-0 Процесс организации селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров»

Figure 1. Decomposition of the context diagram «A-0 Process of organization of pedunculate oak breeding based on cytogenetic and morphological markers»

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Схема исследований и практической работы по селекции дуба черешчатого складывается из трёх этапов: подготовительный этап, включающий сбор фактического материала, отбор насаждений или биотипов по таким важным таксационным характеристикам, как динамика роста и развития как отдельных деревьев, так и целого насаждения, изменения структуры насаждения, а также присутствия у анализируемых древесных объектов искомым хозяйственно-ценных признаков, определяемых целями селекции.

На втором этапе предусмотрен целый комплекс лабораторных исследований, объединяющих морфологический анализ биоматериала, получение проростков желудей дуба черешчатого и их цитогенетический анализ (рис. 2).

По результатам лабораторных исследований формируется база данных морфологических пара-

метров биоматериала (листьев, побегов, желудей), а также отобранный семенной материал (желуди) для следующего этапа лабораторных и полевых исследований.

Проращивание желудей проводится с целью получения проростков и изучения у них пролиферативной активности меристем и нормы протекания митотического деления.

С этой целью и как показано в контекстной диаграмме, необходимо получить одинаковые по длине проростки. При этом фиксацию биоматериала проростков следует проводить постепенно в соответствии с достижением их длины около 2 см, а время фиксации должно совпадать с пиками митотической активности, которые для каждого древесного вида являются его биологической особенностью.

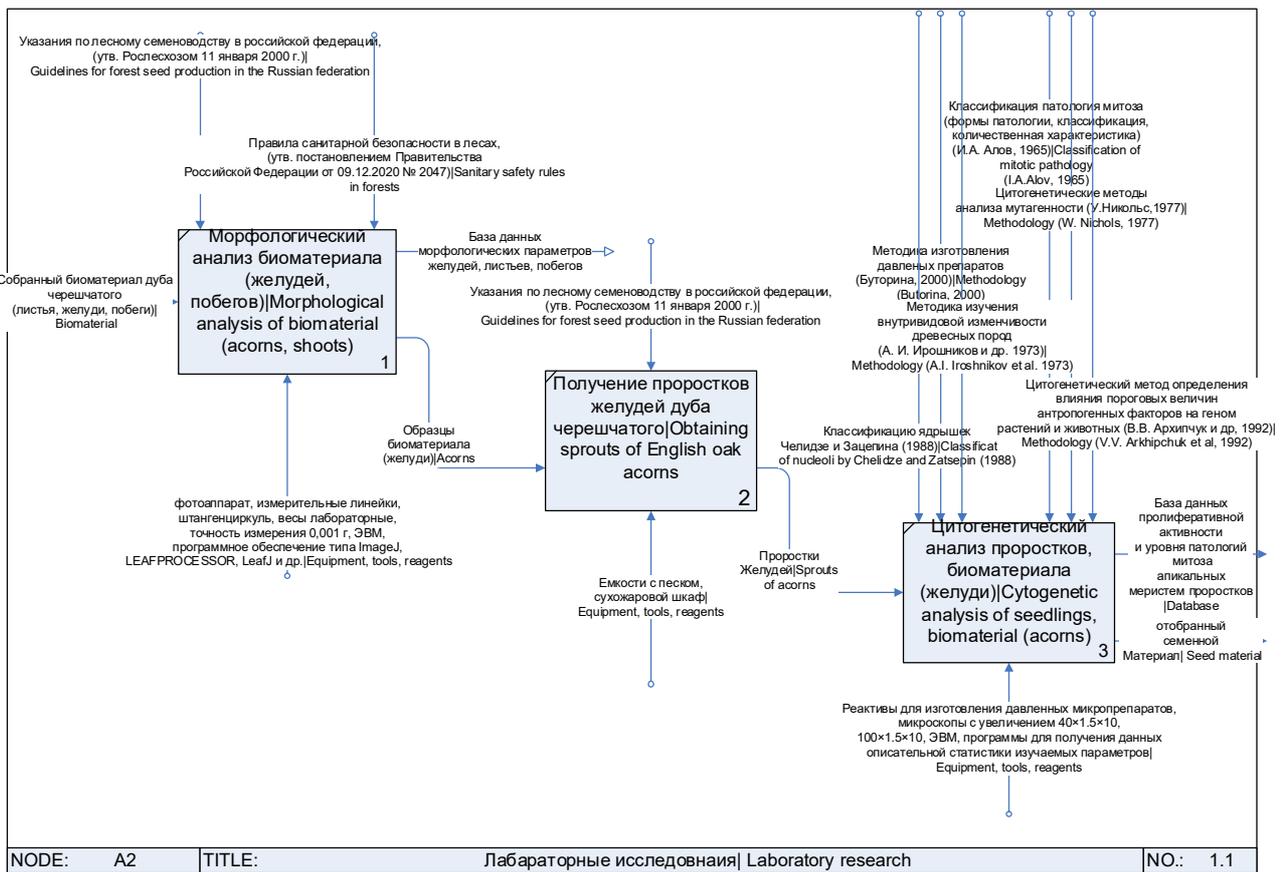


Рис. 2. Диаграмма процесса «A2 Лабораторные исследования»
Figure 2. Diagram of the process «A2 Laboratory research»

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Посадка ценного по морфологическим и цитогенетическим профилям семенного материала необходима для проведения исследований по оценке роста и развития сеянцев в условиях открытого грунта, а также в целях проведения кластерного анализа ростовой активности сеянцев дуба черешчатого (рис. 3). Полученный из семян посадочный материал, в свою очередь, выступает как объект селекционной работы. При этом для получения параметров по морфологии используются общепринятые подходы по измерению основных биометрических сеянцев: диаметр и высота сеянца. Результатом этапа будет являться база данных морфологических параметров сеянцев.

Отличительной особенностью организационных диаграмм процесса комплексной селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров является кластерный

анализ сеянцев (рис. 3), который включает в себя следующие этапы:

1. Составление матрицы данных морфологических параметров по каждому сеянцу;
2. Проведение кластерного анализа с использованием метрики Нормированный Эвклид, стратегия ближайшего соседа и стратегия разделяющая, динамика сгущения;
3. Составление базы данных параметров групп в соответствии с порядковыми номерами сеянцев в матрице данных и полученными дендрограммами разделения сеянцев;
4. Проведение описательной статистики, выделение групп по активности роста сеянцев, определение их долей.

По результатам кластерного анализа представляется возможным получение полноценной базы данных по морфологическому профилю выделенных групп сеянцев дуба черешчатого.

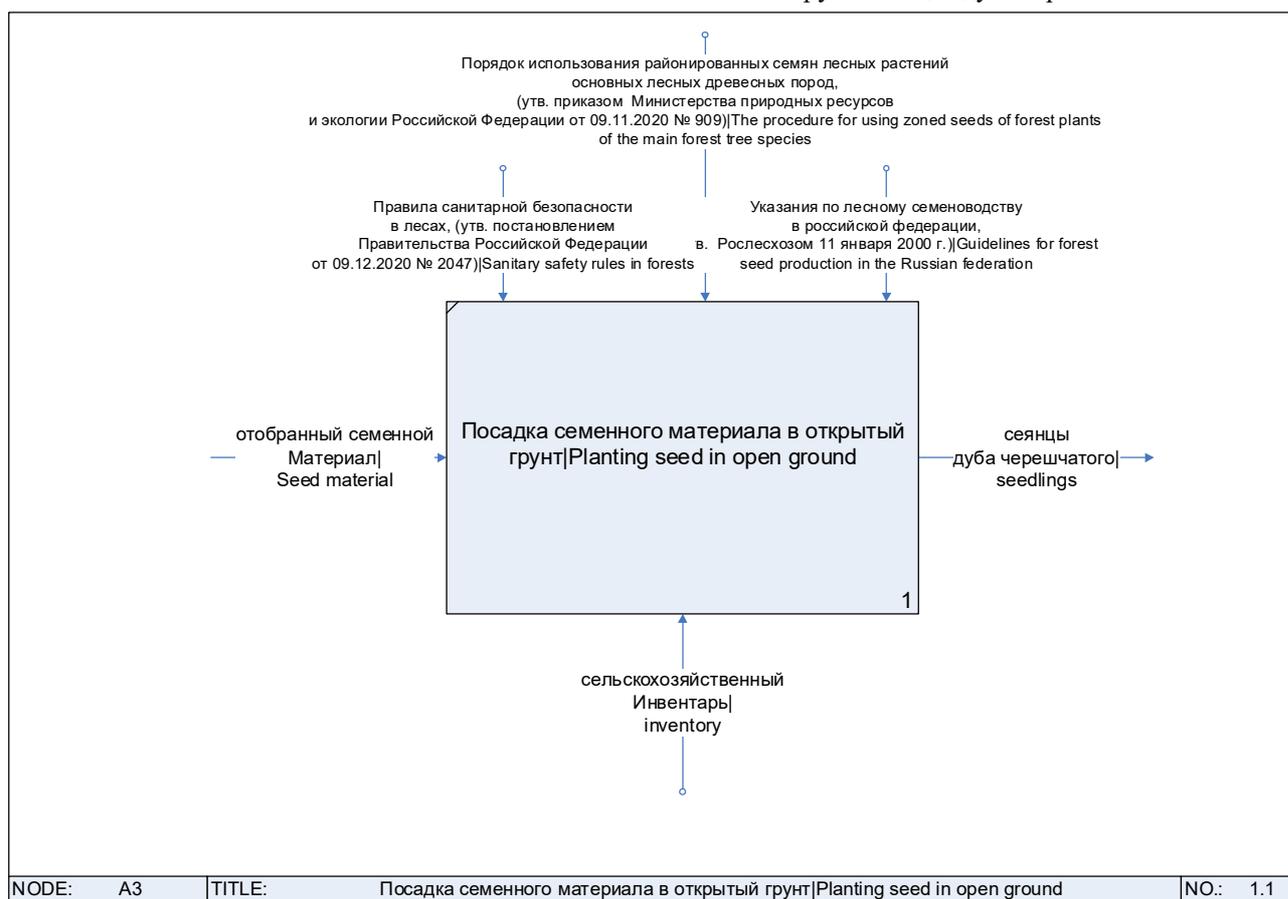


Рис. 3. Диаграмма процесса «A3 Посадка семенного материала в открытый грунт»

Figure 3. Diagram of the process « A3 Planting seed in open ground »

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Для интеграции полученных данных, полученных при анализе разных биологических объектов и с применением нескольких методов, при формировании итоговой характеристики насаждений применяется универсальный и общенаучный метод сравнительного анализа, то есть сопоставления двух и более результатов исследований, выделение в них общего и различного с целью классификации, и типологии.

Таким образом, при селекции с применением дополнительных маркеров отбора, основанных на цитогенетических и морфологических параметрах потомства, результатом процесса отбора будут являться насаждения дуба черешчатого, семенное потомство которых характеризуется высокой ростовой активностью, по скорости роста и развитию

превосходит средние значения по всей совокупности семян.

Выводы

Разработанная модель бизнес-процессов, реализованная на платформе Business Studio 4.0, представляющая собой ряд контекстных диаграмм процессов и подпроцессов, описания, содержания деятельности, потребляемых и привлекаемых материальных, трудовых и финансовых ресурсов и последовательностей действий по организации селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров, может быть использована в качестве инструмента организации селекции и позволяет ускорить селекционный процесс при создании лесных культур.

Список литературы

1. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Комплексная оценка генотипов ели европейской для создания лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности. Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016; 1 (29); 20-29. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25843441>
2. Драгавцев В.А. Селекционная работа должна обеспечивать продовольственную безопасность с упреждением глобальных изменений климата. Биосфера. 2019; 11(1); 4-7. DOI: 10.24855/biosfera.v11i1.474.
3. Жигунов А.В., Данилов Д.А. Создание сортов-клонов рода *Populus* с высокой продуктивностью. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018; 53; 16-18. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36461516>.
4. Ivetić V., Devetaković J., Nonić M., Stanković D., Šijačić-Nikolić M. Genetic diversity and forest reproductive material - from seed source selection to planting. iForest. 2016; 9; 801-812. DOI: 10.3832/ifor1577-009.
5. Кострикин В.А. К вопросу о генофонде дубрав. Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2013; 4; 138-142. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20195747>.
6. Morkovina S.S., Matveev S.M., Kolesnichenko E.A., Ivanova A.V. A Model for Managing the Process of Creating Innovative Products in Forestry in Russia. Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage: Proceedings of the 34rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019, Madrid: International Business Information Management Association, 2019; 2983-2988. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43921497&pff=1>.
7. Попова А.А., Евлаков П.М. Анализ селекционных объектов р. *Quercus* г. Воронежа и Воронежской области. Лесотехнический журнал. 2020; 10; 3(39); 54-62. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/6.
8. Takoutsing B., Degrande A., Tchoundjeu Z., Asaah E., Tsobeng A. (2014) Improving the Availability of Quality Planting Materials Through Community-Based Seed and Seedling Systems: The Case of Rural Resource Centres in Cameroon. In: Vanlauwe B., van Asten P., Blomme G. (eds) Challenges and Opportunities for Agricultural Intensification of the Humid Highland Systems of Sub-Saharan Africa. Springer. 2014; 24; 307-321. DOI:10.1007/978-3-319-07662-1_24.
9. Тараканов В.В., Дубовик Д.С., Роговцев Р.В. (и др.) Состояние и перспективы развития генетико-селекционного комплекса хвойных пород в Сибири (на примере Новосибирской области). Вестник

Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2019; 3(43); 5-24. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.5.

10. Тараканов В.В., Паленова М.М., Паркина О.В. (и др.) Лесная селекция в России: достижения, проблемы, приоритеты (обзор). Лесохозяйственная информация. 2021; 1; 100-143. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2021.1.09.

11. Федулова Т.П., Кондратьева А.М., Евлаков П.М., Марчук И.И. Изучение генетического разнообразия сортообразцов тополя (*Populus L.*) на основе SSR-маркеров. Лесотехнический журнал. 2016; 6; 4(24); 105-111. DOI: 10.12737/23441.

12. Царев А.П. Программы лесной селекции: зарубежный и отечественный опыт (обзор). Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014; 2(139); 70-76. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21340140>.

13. Чеботько Н.К. Применение селекционно улучшенного материала при воспроизводстве лесов. V Международная научно-практическая конференция «Инновации и технологии в лесном хозяйстве 2016» (ITF-2016), Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». 2016; 145-146. URL: <https://spb-niilh.ru/itf2016/theses-itf-2016.pdf>.

References

1. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Kompleksnaya otsenka genotipov yeli Yevropeyskoy dlya sozdaniya lesosemennykh plantatsiy povyshennoy geneticheskoy tsennosti [Comprehensive assessment of European spruce genotypes for the creation of forest seed plantations of increased genetic value]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management. 2016;1(29); 20-29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25843441>.

2. Dragavtsev V.A. Seleksionnaya rabota dolzhna obespechivat' prodovol'stvennyuyu bezopasnost' s uprezhdeniyem global'nykh izmeneniy klimata [Breeding work must ensure food security in anticipation of global climate change]. Biosfera = Biosphere. 2019; 11(1); 4-7. (In Russ.). DOI: 10.24855/biosfera.v11i1.474.

3. Zhigunov A.V., Danilov D.A. Sozdaniye sortov-klonov roda *Populus* s vysokoy produktivnost'yu. [Creation of clone varieties of the genus *Populus* with high productivity]. Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa = Actual problems of the forestry complex. 2018; 53; 16-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36461516>.

4. Ivetić V., Devetaković J., Nonić M., Stanković D., Šijačić-Nikolić M. Genetic diversity and forest reproductive material - from seed source selection to planting. *iForest*. 2016; 9; 801-812. DOI: 10.3832/ifor1577-009.

5. Kostrikin V.A. K voprosu o genofonde dubrav [On the question of the gene pool of oak forests]. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin. 2013; 4; 138-142. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20195747>.

6. Morkovina S.S., Matveev S.M., Kolesnichenko E.A., Ivanova A.V. A Model for Managing the Process of Creating Innovative Products in Forestry in Russia. Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage: Proceedings of the 34rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019, Madrid: International Business Information Management Association, 2019; 2983-2988. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43921497&pf=1>.

7. Popova A.A., Evlakov P.M. Analiz seleksionnykh ob'yektov R. *Quercus G.* Voronezha i Voronezhskoy oblasti [Analysis of breeding objects R. *Quercus G.* Voronezh and the Voronezh region]. «Lesotekhnicheskii zhurnal» = Forestry Engineering Journal. 2020; 10; 3(39); 54-62. (In Russ.). DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/6.

8. Takoutsing B., Degrande A., Tchoundjeu Z., Asaah E., Tsobeng A. (2014) Improving the Availability of Quality Planting Materials Through Community-Based Seed and Seedling Systems: The Case of Rural Resource Centres in Cameroon. In: Vanlauwe B., van Asten P., Blomme G. (eds) Challenges and Opportunities for Agricultural Intensification of the Humid Highland Systems of Sub-Saharan Africa. Springer. 2014; 24; 307-321. DOI:10.1007/978-3-319-07662-1_24.

9. Tarakanov V.V., Dubovik D.S., Rogovtsev R.V. (et al.) Sostoyaniye i perspektivy razvitiya genetiko-selektionnogo kompleksa khvoynykh porod v Sibiri (na primere Novosibirskoy oblasti) [The state and prospects of the development of the genetic selection complex of conifers in Siberia (on the example of the Novosibirsk region)]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management. 2019; 3(43); 5-24 (In Russ.). DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.5.

10. Tarakanov V.V., Palenova M.M., Parkina O.V., Rogovtsev R.V., Tretyakova R.A. Lesnaya selektsiya v Rossii: dostizheniya, problemy, priority (obzor) [Forest breeding in Russia: achievements, problems, priorities (review)]. Lesokhozyaystvennaya informatsiya = Forestry information. 2021; 1; 100-143 (In Russ.). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2021.1.09.

11. Fedulova T.P., Kondratyeva A.M., Evlakov P.M., Marchuk I.I. Izucheniye geneticheskogo raznoobraziya sortoobraztsov topolya (*Populus L.*) na osnove SSR-markerov. [Study of the genetic diversity of poplar (*Populus L.*) cultivars based on SSR markers]. Lesotekhnicheskii zhurnal = Forestry Engineering Journal. 2016; 6; 4(24); 105-111 (In Russ.). DOI: 10.12737/23441.

12. Tsarev A.P. Programmy lesnoy selektsii: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt (obzor) [Forest breeding programs: foreign and domestic experience (review)]. Uchenyye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of Petrozavodsk State University. 2014; 2(139); 70-76 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21340140>.

13. Chebotko N.K. Primeneniye selektsionno uluchshennogo materiala pri vosproizvodstve lesov. [The use of selectively improved material in the reproduction of forests]. V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaystve 2016» (ITF-2016), Sankt-Peterburg, FBU «SPbNIILKH» = V International scientific-practical conference «Innovations and technologies in forestry» (ITF-2016), St. Petersburg Forestry Research Institute. 2016; 145-146. (In Russ.). URL: <https://spb-niilh.ru/itf2016/theses-itf-2016.pdf>.

Сведения об авторах

✉ *Попова Анна Александровна* – кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: logachevaa@rambler.ru.

Морковина Светлана Сергеевна - доктор экономических наук, профессор, проректор по науке, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3776-5181>, e-mail: tc-sveta@mail.ru.

Иванова Анна Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3972-4378>, e-mail: anna_iv_1989@mail.ru.

Information about the authors

✉ *Popova Anna Aleksandrovna* – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: logachevaa@rambler.ru.

Morkovina Svetlana Sergeevna – D.Sci. (Econ.), Professor, Vice-Rector for Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3776-5181>, e-mail: tc-sveta@mail.ru.

Ivanova Anna Vladimirovna – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3972-4378>, e-mail: anna_iv_1989@mail.ru.

✉ – Для контактов/Corresponding author