

ФОРМИРОВАНИЕ ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ

Падутов В.Е., д.б.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заведующий научно-исследовательским отделом генетики, селекции и биотехнологии ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», Республика Беларусь, г. Гомель

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы адаптации популяционно-генетической структуры лесообразующих видов к изменению условий окружающей среды.

Ключевые слова: популяционная структура, лесообразующие виды, ядерная ДНК, цитоплазматическая ДНК, миграция, адаптация.

FORMATION OF THE POPULATION GENETIC STRUCTURE OF FOREST-FORMING SPECIES

V.E. Padutov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of NAS of Belarus, the Head of the Research Department of Genetics, Breeding, and Biotechnology in SSI "The Institute of Forest of NAS of Belarus", Republic of Belarus, Gomel

Abstract. Adaptation of the population genetic structure of forest-forming species to environmental conditions changing is described in the article.

Keywords: population structure, forest-forming species, nuclear DNA, cytoplasmic DNA, migration, adaptation

Введение. В последнее время все большее значение приобретает проблема сохранения биологического разнообразия, поскольку воздействие комплекса факторов радикально изменяет естественную среду обитания видов.

Решение этой проблемы заключается в охране и воспроизводстве популяций с уровнем генетической изменчивости, достаточным для адаптации к стрессам окружающей среды. Особую актуальность имеет разработка стратегии сохранения генетического разнообразия хозяйственно-ценных лесных древесных видов, так как леса относятся к числу важнейших самовозобновляющихся природных ресурсов. Необходимо добавить, что древесные породы представляют собой виды-доминанты лесных ценозов, от состояния которых зависит и состояние всей лесной экосистемы.

Проблема сохранения биологического разнообразия, включая генетическое, лесных экосистем важна и для тех стран, где лесное хозяйство устойчиво развивается. Например, в Республике Беларусь лесистость территории в 1994 году составляла 35,5 %, а в настоящее время – 40,2 %, средний запас насаждений за это время вырос с 148 до 232 м³/га. Однако лесной фонд под воздействием климатических изменений начинает менять свою структуру. За последние двадцать лет (согласно Государственным лесным кадастрам Республики Беларусь за период с 2004 г. по 2025 г.) [1] происходило изменение площадей, занятых сосновыми, еловыми, дубовыми, березовыми лесами (рисунки 1-4).

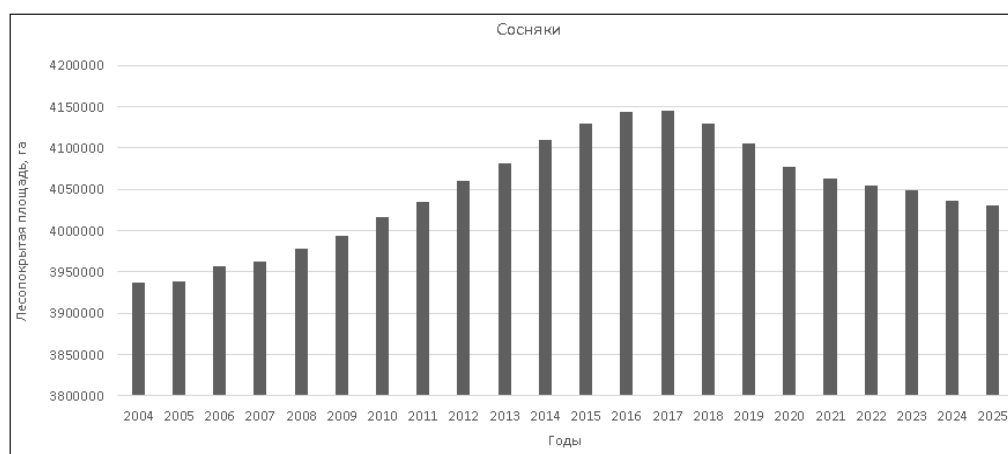


Рисунок 1 – Динамика сосновых лесов в Беларуси 2004-2025 гг.

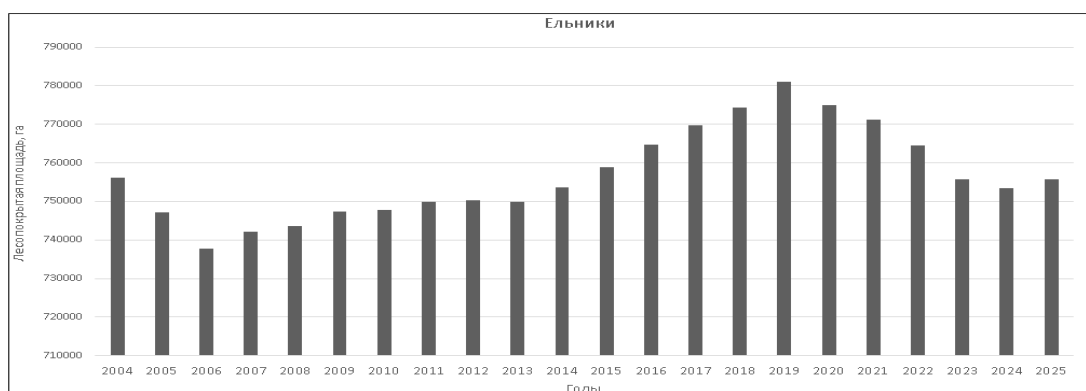


Рисунок 2 – Динамика еловых лесов в Беларуси 2004-2025 гг.

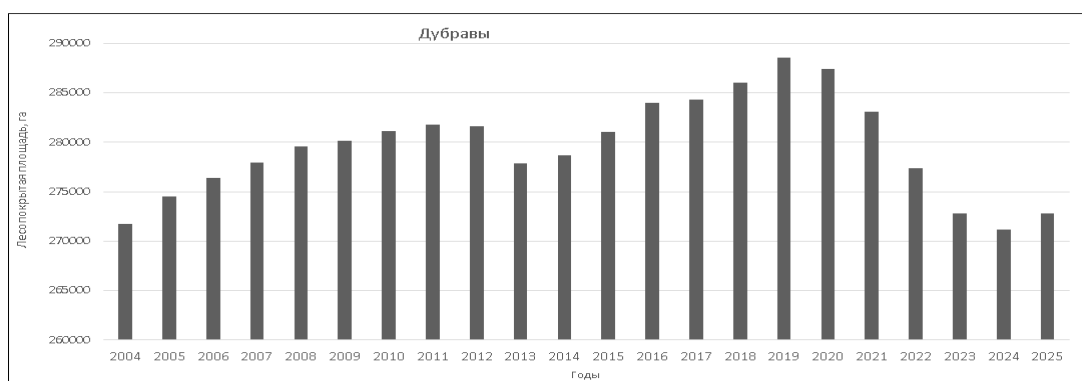


Рисунок 3 – Динамика дубовых лесов в Беларуси 2004-2025 гг.

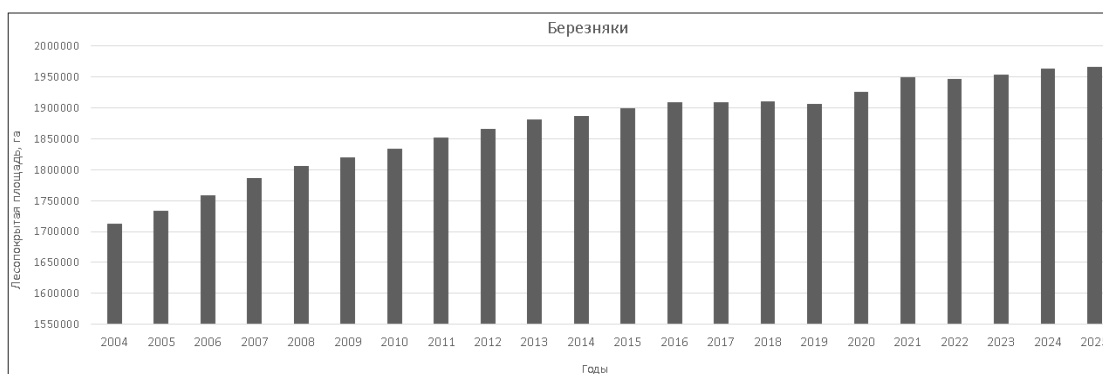


Рисунок 4 – Динамика березовых лесов в Беларуси 2004-2025 гг.

Вопросы, связанные с трансформацией структуры, состояния и продуктивности лесов, требует принятия решений, обеспечивающих формирование устойчивых насаждений с учетом биологических особенностей видов и их адаптированности к неблагоприятным факторам среды. Среди различных типов адаптаций выделяют два основных: пассивную (формирование определённой степени устойчивости к стрессовому фактору) и

активную (направлена на смену популяционной стратегии, расширение ареала на новые территории при возникновении благоприятных комбинаций условий обитания). Особое значение вопросы адаптации имеют для растительных организмов, поскольку они иммобильны и не могут в отличие от животных покинуть опасную территорию. Адаптация может происходить на разных уровнях: внутриклеточном, тканевом, популяционном и т.д. Одним из наиболее важных для лесного хозяйства является изучение механизмов адаптации на популяционном уровне.

Цель исследования – выявить особенности протекания популяционных процессов в насаждениях сосны обыкновенной, ели европейской и дуба черешчатого в различных условиях окружающей среды.

Материал и методы исследования. Для данной статьи были использованы данные изоферментного и микросателлитного (ядерной, хлоропластной и митохондриальной ДНК) анализа белорусских насаждений естественного происхождения, географических культур и лесосеменных плантаций 1 и 2 порядка дуба черешчатого, ели европейской и сосны обыкновенной. По дубу черешчатому изучено 105 насаждений естественного происхождения и 68 лесосеменных плантаций, по ели европейской – 68 насаждений, 21 климатип и 22 лесосеменных плантаций, по сосне обыкновенной – 140 насаждений, 67 климатипов и 47 лесосеменных плантаций.

Экспериментальным материалом для изоферментного анализа являлись зародыши семян и почки, для выделения ДНК – хвоя, листья, почки или древесина (наружный слой древесины (до 7 мм) путем сверления шуруповертом при скорости вращения ротора не более 300-350 об./мин). Отобранный материал ДНК-анализа (≈ 100 мг) помещали в микропробирки с 70 % этанолом.

Изоферментный анализ проводили в соответствии с протоколами, описанными в «Генетические ресурсы сосны и ели в Беларуси» [2]. Выделение и анализ ДНК из растительных тканей основывались на принципах, представленных в «Методы молекулярно-генетического анализа» [3].

Результаты исследования и их обсуждение. Информация о биологии вида и структуре его популяций – та основа, благодаря которой можно прогнозировать как дальнейшее развитие популяций, так и реакцию организмов на неблагоприятные воздействия среды обитания. Вид, приспосабливается к

постоянно изменяющимся условиям, не просто как простая сумма особей, а в форме своеобразных группировок, представляющих единое функциональное целое. Они могут состоять из сходных фенотипов или различающихся на морфологическом, биохимическом и других уровнях. Именно степень приспособленности вида к тем или иным условиям произрастания отражает его изменчивость. Чем выше генетический потенциал, тем более сильное воздействие стрессовых ситуаций может выдержать популяция, и тем более разнообразные местообитания она может заселять.

Воздействие различных факторов на формирование популяционной структуры достаточно хорошо выявляется при анализе генов, которые участвуют в биохимических процессах клетки и находятся под воздействием естественного отбора. Это влияние проявляется в основном в изменении частоты встречаемости аллельных вариантов. Анализ сосняков показал, что в различных типах леса складывается своеобразная генетическая структура. При этом кластеризация генетических данных коррелирует с эдафо-фитоценотическими рядами типов леса в регионе проводимых исследований (рисунки 5 и 6).

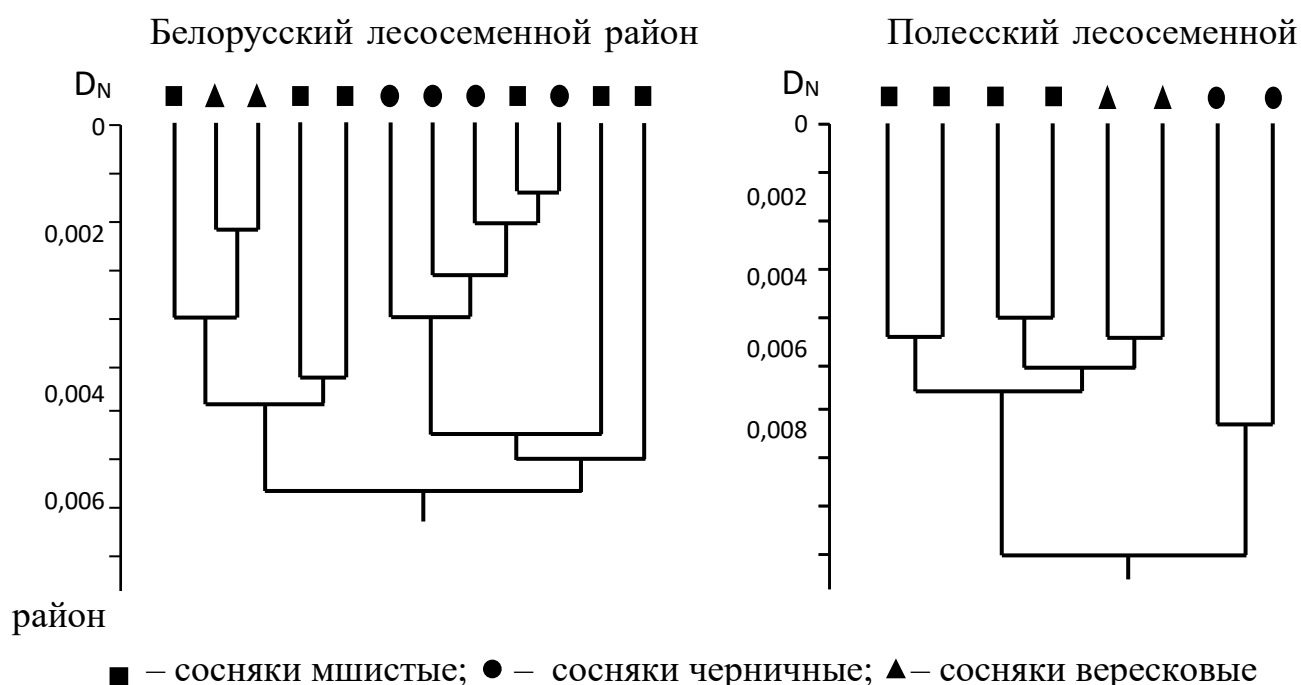


Рисунок 5 – Лесотипологическая дифференциация насаждений сосны обыкновенной

популяций места обитания). В Беларуси выявлено пять основных метапопуляций дуба черешчатого, каждая из которых характеризовалась специфическим гаплотипом хлоропластной ДНК. Одним из главных факторов, определяющих географическое распространение метапопуляций по территории страны, является климатический. Их пространственное распределение представляет собой последовательный ряд, коррелирующий со значениями показателя континентальности климата – от более умеренного до более выраженного континентального климата. Еще одним фактором, влияющим на распространение метапопуляций дуба, являются условия мест произрастания. Нами была определена фактическая встречаемость гаплотипов (маркеров метапопуляций) в различных типах леса, и, кроме того, было рассчитано теоретически ожидаемое распределение гаплотипов. В ряде случаев фактически наблюдаемые и теоретически ожидаемые значения отличаются в несколько раз (таблица). При этом, для тех пар гаплотипов, которые распространены в одном и том же географическом регионе, эти различия разнонаправлены (в Витебском ГПЛХО 75 % снытевых дубрав представлены деревьями «северной» метапопуляции, а 75 % кисличных дубрав – «центрально-белорусской»). Следовательно, метапопуляции сосуществуют на одной территории, расходясь по отдельным экологическим нишам.

Таблица 1 – Отклонение фактического распределения гаплотипов дуба черешчатого по типам дубрав от теоретически ожидаемого

Гаплотипы	Тип леса					
	Кислич ный	Снытевый	Пойменный	Черничный	Папоротниковый	Орляковый
Центрально-Белорусский	+	–	+	–	+	+
Северный	–	+	–	+	–	–
Карпатский	+	–	–	+	–	–
Западный	–	+	+	–	–	+
Примечание: + - увеличение фактически наблюдаемой встречаемости по сравнению с ожидаемой; – - уменьшение фактически наблюдаемой встречаемости по сравнению с ожидаемой.						

Кроме абиотических и биотических факторов, имеющих основополагающее влияние на популяционные процессы, модифицирующее

воздействие на них оказывает и антропогенное вмешательство. Так, на примере сосны обыкновенной, показано, что в норме с возрастом насаждения увеличивается уровень гетерозиготности, за счет гибели более гомозиготных деревьев (плюсовые лесные насаждения соответствуют этому сценарию), однако в эксплуатационных лесах эта закономерность не проявляется (рисунок 7). Следует также отметить, что уровень генетической изменчивости (адаптационный потенциал) в насаждениях тем выше, чем меньше осуществляется антропогенное вмешательство: «эксплуатационные леса» < «лесные генетические резерваты и плюсовые лесные насаждения» < «заповедники».

Выводы

Полученные данные показывают, что необходимо учитывать популяционные особенности лесообразующих видов при создании насаждений. Это уже осуществимо, однако только на начальных этапах, при получении семенного материала с использованием лесосеменных плантаций с оптимизированной генетической структурой. В то же время некоторые вопросы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-типологической основе остаются открытыми.

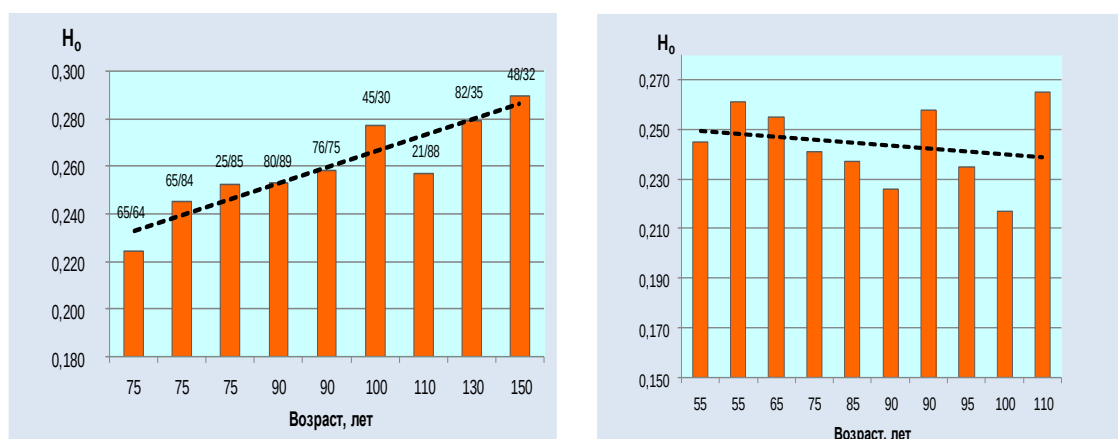


Рисунок 7 – Значения показателя наблюдаемой гетерозиготности в плюсовых лесных насаждениях (слева) и древостоях лесов эксплуатационных лесов (справа)

Список литературы

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2025 г. / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. – Минск : Белгослес, 2025. – 88 с.

2. Падутов, В. Е. Генетические ресурсы сосны и ели в Беларуси / В. Е. Падутов. – Гомель : ИЛ НАНБ, 2001. – 144 с.
3. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воропаев. – Минск : Юнипол, 2007. – 176 с.
4. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1982. – 326 с.

References

1. State Forest Cadastre of the Republic of Belarus as of January 1, 2025 / The Ministry of Forestry of the Republic of Belarus. – Minsk : Belgosles, 2025. – 88 p.
2. Padutov, V. E. Genetic resources of pine and spruce in Belarus / V. E. Padutov. – Gomel : IL NASB, 2001. – 144 p.
3. Padutov, V. E. The methods of molecular genetic analysis / V. E. Padutov, O. Yu. Baranov, E. V. Voropaev. – Minsk : Junipol, 2007. – 176 p.
4. Geltman, V. S. Geographical and typological analysis of forest vegetation of Belarus / V. S. Geltman. – Minsk : Naukai Technika, 1982. – 326 p.