

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию Белоконя Юрия Сергеевича «ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА, *PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL, В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7. Генетика

**Актуальность темы**, выбранной диссертантом, не вызывает сомнений. В современную эпоху происходит масштабное разрушение среды обитания многих видов живых организмов, вызываемое изменением климата, особенно выраженным в северных широтах. Из-за своей иммобильности, лесные древесные растения вынуждены адаптироваться к глобальным изменениям условий существования за счет адаптивного потенциала, заложенного в исторически сформированном генетическом разнообразии популяций. По этой причине особо актуальными являются исследования, связанные с изучением генетически обусловленных механизмов поддержания стабильности лесных экосистем за счет адаптации видов – ключевых своих компонентов. Кедровый стланик, важная составляющая горных лесов бореальных, субальпийских и субарктических областей России, несомненно, относится к их числу. Исходя из этого, тема диссертационной работы Белоконя Юрия Сергеевича, посвященная изучению генетической структуры и механизмов ее формирования в популяциях кедрового стланика, несомненно, является **актуальной**, она представляет большой научный и практический интерес.

**Степень разработанности темы исследования.** В разных регионах мира проведено большое число исследований генофондов популяций хвойных древесных растений, в том числе у лесообразующих видов России. Диссертант, подчеркивая это обстоятельство во Введении, приводит многочисленные доказательства этого в Главе 1 диссертации (с. 30-36). Справедливо отмечается, что для многих представителей родов и подродов семейства Сосновые уровни генетической изменчивости, межпопуляционная дифференциация и филогенетические связи хорошо изучены. Определенные сведения получены и для кедрового стланика. Диссертант приводит ссылки и дает краткий обзор работ авторов, изучавших генофонд популяций вида в разных районах Сибири. Оппонент согласен с заключением диссертанта, что многие аспекты этой научной проблемы на данный момент остаются слабо изученными или не исследованы. К ним в первую очередь следует отнести отсутствие знаний о механизмах формирования генетической изменчивости кедрового стланика (его динамики во времени), роли в этом системы скрещивания, генетического потенциала вида для адаптации к ускоряющемуся изменению климата. Это заключение дало возможность диссертанту обоснованно определить концепцию работы, поставить цель и разработать задачи диссертационного исследования.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации.**

Выбор темы и обоснование основных задач диссертации исследования

выполнены ее автором на основе изучения и критического анализа специальной литературы, что позволило определить малоизученные стороны темы работы, концепцию и приоритетные направления собственных исследований. Выбранные методология и методы исследования базируются на системном подходе и комплексных решениях в изучении генетической структуры популяций кедрового стланика в восточной, ранее мало исследованной, части ареала вида. Для достижения цели и поставленных задач автором проведены разноплановые исследования, направленные на выявление факторов и процессов, потенциально определяющих особенности популяционных структур. Для этого определены уровни генетического разнообразия и межпопуляционной подразделенности кедрового стланика, его гибридизационные отношения с генетически близкой сосной кедровой, особенности системы скрещивания, уровень родства деревьев в насаждениях, динамика во времени генетической изменчивости, зависимость генетической изменчивости от климатических условий изученной территории. Полученные в диссертации результаты, сформулированные научные положения, сделанные выводы и разработанные рекомендации базируются на качественно проведенном теоретическом обобщении результатов научной литературы по выбранной теме и результатах собственных обширных экспериментальных исследований. Для проведения работы автором подобраны адекватные задачам апробированные полевые и современные лабораторные молекулярно-биологические методы, а также полевые объекты – большое число насаждений кедрового стланика на географически обширной территории. Исследование основано на системном и комплексном подходах, корректном применении комплекса разнообразных методов и подходов, использовании обширного репрезентативного эмпирического материала (42 выборки). Для достижения поставленной цели и решения задач работы диссертант широко использовал разнообразный математико-статистический аппарат. Автор при анализе полученных результатов опирается на общие законы и принципы популяционной генетики, экологии, ботаники и лесоведения. Все эти аргументы свидетельствуют об обоснованности разработанных и защищаемых 6 научных положений, хорошо согласующихся с данными экспериментов и научными выводами. По этим причинам оппонент считает, что научные положения, выводы и рекомендации диссертации достаточно обоснованы.

**Научная новизна научных результатов, разработанных положений, выводов и рекомендаций.**

Многие данные диссертационной работы можно отнести охарактеризовать определениями «получены впервые» и «являются новыми научными знаниями в популяционной генетике» в части хвойных древесных растений. Обобщая, к ним можно отнести следующие полученные результаты и выявленные закономерности. Представлены сведения об особенностях генофонда популяций кедрового стланика во всей восточной части ареала вида и взаимоотношениях между ними. На северо-востоке изученной территории в зоне симпатрии *Pinus pumila* и сибирской кедровой сосны *P. sibirica* показано явление однонаправленной межвидовой гибридизации в ряде поколений с наследовани-

ем у гибридов митохондриальной ДНК от первого из этих видов. Установлено существенное варьирование уровней родства отдельных деревьев и самоопыления по отдельным популяциям, определяемое сложностью клоново-семенной структуры, происхождения, особенностью генетической структуры популяций и разнообразных характеристик насаждений. Выявлено, что возникающий у инбредного потомства дефицит гетерозиготности регулируется популяциями в сторону достижения равновесного состояния к репродуктивному возрасту. Бесспорно, новыми являются данные, полученные при анализе корреляции частот аллелей ряда локусов и показателей их генетического разнообразия с географическими координатами и биоклиматическими переменными. В разработанных защищаемых положениях, сделанных выводах и предложенных рекомендациях их научная новизна приведена доказательно и корректно.

#### **Методология и методы исследования.**

Методологической основой работы послужили труды других исследователей в областях геоботаники, систематики, филогении, экологии, лесоведения и популяционной генетики, ранее исследовавших вопросы систематики, происхождения, истории формирования современного ареала, возобновления растений и генетической структуры популяций хвойных древесных видов. Для обработки данных лабораторных экспериментов применены как хорошо апробированные общие (BIOSYS-2, POPGENE, GenAlEx V.6.5, STATISTICA), так и специализированные программы статистического анализа (модули пакета программ PHYLIP v3.695, STRUCTURE v.2.3.4, NewHybrids 1.1\_b3, Coancestry, ML-Relate, MLTR 3.4, MDStudio2 и др.).

#### **Степень достоверности результатов диссертационной работы.**

Диссертант при планировании и выполнении работы корректно использовал достижения ряда фундаментальных и прикладных научных дисциплин (генетики, экологии, ботаники, лесоведения и др.). Результаты Белокопя Ю.С. качественно совпадают с результатами аналогичных работ, имеющих в научной литературе. Они также не противоречат общебиологическим закономерностям и основным положениям популяционной генетики и смежных научных дисциплин, но дополняют и расширяют их. Подробно описанные места отбора образцов и детальная характеристика использованных методов и полученных результатов дают возможность воспроизведения экспериментальных опытов. Достоверность результатов обеспечивается также содержательным анализом собственных данных в сравнении с информацией из научной литературы по генофондам популяций других видов сосен, в том числе полученной ранее лабораторией популяционной генетики Института общей генетики РАН – организации места выполнения диссертации. Достоверность результатов аргументируется также обширностью (репрезентативностью) эмпирического материала. Исследованы 42 выборки, отобранные на обширной части ареала кедрового стланика. Для решения поставленных задач использовано сравнительно большое число аллозимных локусов (кодирующих синтез 18 ферментных систем), а также применены генетические маркеры митохондриальной ДНК. Исследована динамика генетической изменчивости не только в пространстве, но и во време-

ни.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Теоретическое значение проведенной работы заключается в получении новых знаний в популяционной генетике хвойных древесных растений в целом и в выявлении механизмов формирования генетической структуры кедрового стланика в популяциях восточной части ареала вида, в частности. Здесь сосредоточены большинство плейстоценовых рефугиумов, велико влияние океанического климата, сильнее проявляются особенности климатических изменений последних десятилетий, в Тихоокеанском регионе существенно меньше вероятность межвидовой гибридизации кедровых сосен т.д. Результаты Белоконя Ю.С. об особенностях и формировании генетической структуры популяций кедрового стланика в уникальной по перечисленным условиям восточной части ареала вида будут также полезны как теоретическая основа для быстро развивающихся новых научных дисциплин (в части хвойных древесных растений). В их числе геномика, преследующая, помимо прочего, цель отбора маркеров, информативных для выявления влияния естественного отбора в популяциях, в том числе в условиях нарастающих климатических изменений. В целом, диссертационная работа успешно развивает методологический и методический аппараты исследований в указанных областях.

Прикладные аспекты результатов исследований заключаются в возможности реализации полученных новых научных знаний и выявленных закономерностей для оптимизации природоохранной деятельности в исследованных регионах. Хозяйственное значение кедрового стланика относительно невелико, но экологическая роль вида несравнимо выше – как основного источника питания для животного мира, как вида, способного к сравнительно быстрому восстановлению и распространению, обладающего высокой конкурентоспособностью и др. Поэтому полученные данные могут быть использованы как научное обоснование для прогноза динамики ресурсов и генофонда популяций кедрового стланика, одного из главных лесообразующих видов Восточной Сибири. Это заключение особенно важно в условиях нарастающих изменений климата и ожидаемого серьезного нарушения среды обитания многих видов животных и растений этого макрорегиона. Результаты диссертационной работы могут быть также использованы при ведении образовательной деятельности в системе программ высшего образования.

**Апробация результатов работы.** Результаты и основные положения диссертационной работы достаточно полно лично апробированы на многочисленных научно-практических конференциях и научных форумах других форматов на российском и зарубежном уровнях. Детальные сведения об этом приведены как в автореферате (с. 6), так и в самой диссертации (с. 9-10).

**Личный вклад автора** в выполнении диссертации у оппонента не вызывает сомнений. Автор принимал непосредственное участие в формировании концепции работы, разработке цели и поставленных задач, а также в проведении лабораторных экспериментов, обработке и статистическом анализе данных, интерпретации полученных результатов. Основные положения и выводы сфор-

мулированы лично диссертантом. В автореферате (в т.ч. на с. 6) и диссертации (на с. 9 и 15) приведена подробная информация об участии и роли других исследователей в выполнении того или иного конкретного этапа работ. Подготовка публикаций, апробация основных результатов и разработанных положений осуществлены лично или при активном участии Белоконя Ю.С.

Цитирования в тексте диссертации оформлены Белоконем Ю.С. корректно. Заимствованный материал, использованный в диссертационной работе без ссылки на автора или источник заимствования, оппонентом не выявлен. Научные работы, выполненные соискателем ученой степени в соавторстве, оформлены в работе с приведением информации о соавторах.

**Публикации.** Диссертантом выполнены требования к публикациям основных научных результатов, предусмотренных пунктами 11 и 13 действующего Положения о присуждении ученых степеней, а также Рекомендациями ВАК при Минобрнауки России от 26.10.2022 N 2-пл/1. Пять публикаций Белоконя Ю.С. изданы в 5 научных журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание, в том числе, ученой степени кандидата наук. Кроме того, 4 труда опубликованы в одном из профильных журналов «Хвойные бореальной зоны», входящем в указанный Перечень по специальностям 06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация (биологические науки) и 1.5.15. Экология (биологические науки). Можно выразить сожаление в отношении статьи в известном в свое время зарубежном издании «Forest Genetics», в год публикации диссертанта не индексировавшийся в базе Scopus. Кроме того, Белоконем Ю.С. опубликованы 20 статей и тезисов докладов в материалах 10 международных и 6 национальных научно-практических конференций и научных форумов другого статуса, в сборниках трудов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация включает в себя введение, 3 главы, заключение, выводы, приложения и список литературы. Текст изложен на 194 страницах, включает 24 таблицы (из них 4 в приложениях) и 51 рисунок. В список литературы входят 216 литературных источников (в том числе 145 на иностранных языках).

**Автореферат и диссертация** хорошо соответствуют друг другу по структуре, содержанию и основным положениям. Их рукописи оформлены с соблюдением действующих требований ВАК РФ при Минобрнауки России и действующего ГОСТа, тексты изложены с использованием качественного научного языка и стиля.

При анализе квалификационных признаков диссертации Белоконя Ю.С. у оппонента возникли следующие замечания.

*В разделе «Актуальность и степень разработанности проблемы» Введение диссертант привел описание биологических свойств кедрового стланика чересчур подробно. С точки зрения оппонента, часть этого материала можно было бы использовать при характеристике вида при описании содержания Главы 1 в автореферате (с. 5).*

*Результаты диссертационной работы могут быть использованы также в образовательных программах высшего образования более широкого спектра направлений подготовки (в том числе по направлениям «Лесное дело» и «Биология»), а не только, как показано в диссертации, по программам «Генетика», «Экология» и «Ботаника».*

*Предложение в автореферате «Результаты диссертации представлены в 10 научных работах, учитываемых РИНЦ» (с. 6) и в Введении работы (с. 10) является неточным. Фактически у диссертанта публикаций этой категории больше, учитывая то, что он не учел в этом предложении статьи в материалах научно-практических конференций и сборниках трудов, также размещенных в РИНЦ.*

*Диссертант в автореферате (с. 28) и диссертации (с. 15) не указал номера страниц собственной публикации № 20.*

Следует отметить, что высказанные замечания не являются критическими. Они носят технический характер.

### **Оценка материалов отдельных глав диссертации**

**В Главе 1 «Обзор литературы»,** состоящей из шести разделов, приводится характеристика таксономического положения исследованного вида, его происхождения, современного ареала, экологических особенностей (экологическая пластичность, адаптивные механизмы, долговечность, свойства вида-пионера и эдификатора), гибридных отношений с другими видами кедровых сосен. Рассмотрены климатические и экологические факторы, формирующие среду обитания кедрового стланика. Детально анализируются механизмы размножения кедровых сосен, проведен анализ дискуссий о межвидовой гибридизации кедрового стланика. Сделан качественный критический обзор результатов других исследователей, ранее использовавших молекулярно-генетические маркеры для популяционно-генетического изучения хвойных. Рассмотрены методологические преимущества и недостатки разных типов генетических маркеров. Приведены важные для будущих исследований аргументы, что при изучении систем скрещивания и инбридинга хвойных растений изоферментные и микросателлитные маркеры ядерной ДНК могут применяться наравне из-за сходства получаемых оценок. Кратко проанализирована научная литература по генетической изменчивости кедрового стланика и других близких видов. В результате критического анализа научной литературы автор аргументированно заключил, что «генетическая структура популяций кедрового стланика остаётся недостаточно изученной в географически обширной восточной части ареала» (с. 36). Особо следует отметить, что при оценке состояния проблемы детально проанализированы как отечественные, так и иностранные источники, охватывающие выбранное научное направление и включающие основные опубликованные работы по теме исследований. В ходе анализа научной литературы Белоконь Ю.С. показал хорошую научную эрудицию. Проведенный анализ позволил ему выявить слабо изученные стороны темы диссертации, логично и обосновано подойти к постановке цели и задачи работы.

Глава 1, изложенная на с. 16-36, содержательна и в целом корректно структурирована.

*Тем не менее, при анализе содержания обзора литературы у оппонента возник вопрос – чем оправдано создание отдельного раздела «1.5 Хвойные как объект генетического анализа», состоящего из единственного небольшого абзаца? Здесь диссертант указал на методическое преимущество хвойных растений, позволяющее определить отцовский и материнский вклады в генотип зародыша из-за гапло- и диплоидности тканей, и выявить механизмы наследования аллозимов при анализе сегрегации аллелей в эндоспермах одного гетерозиготного дерева. Этот материал можно было бы перенести в начало следующего раздела «1.6. Применение молекулярно-генетических маркеров в популяционно-генетических исследованиях хвойных».*

*Встречаются не совсем точные формулировки. Например, в предложении «Шишки кедрового стланика – легкодоступная и высококалорийная пища для медведей, соболей, белок и бурундуков» (с. 21). Пищей, вероятно, являются не шишки, а семена растения.*

В Главе 2 «Материалы и методы» (с. 37-50) автор представил подробную характеристику исследованных выборок, их географическое положение и численности. Подробно описаны условия выполнения экспериментальной части работы: подготовка образцов для генотипирования по аллозимным локусам, проведение электрофоретического разделения изоферментов, выделение и анализ фрагментов мтДНК. Для обработки полученных данных автором был применен широкий арсенал статистических методов, не только традиционные подходы к анализу генетической структуры популяций, системы скрещивания и анализа родства особей, но и специальные методы, например, позволяющие визуализировать распределение признаков на ареале.

*Как правильно отмечено на с. 16 (Глава 1), куртины кедрового стланика могут быть представлены как разными генотипами, так и одной и той же особью - клонами одного разросшегося растения. Учитывалось ли это обстоятельство при отборе образцов для генетического анализа? В разделе 2.1. соответствующая информация в явном виде не приведена.*

В целом материалы, приведенные в Главе 2, дают исчерпывающие представление о использованных в работе методах и объектах. Методология работы возражений не вызывает. Диссертация базируется на большом по объему полевом и экспериментальном материале. Использованные методы соответствуют поставленным задачам и путям их решения.

В Главе 3 (с. 51-136) представлены основные результаты исследования и их анализ. Она состоит из семи разделов.

В первом разделе 3.1 «Генетическая изменчивость кедрового стланика по аллозимным локусам» приведена интерпретация полученных электрофоретических спектров изоферментов. Она подтвердила механизмы наследования аллозимов использованных 29 локусов, ранее описанных для кедровых сосен. Приведена общее для всех выборок описание распределений частот электрофоретических вариантов каждого локуса. В некоторых выборках обнаружены уни-

кальные генетические варианты, преимущественно нуль-аллели (частоты некоторых из них сравнительно высоки). Обращает на себя внимание высокое качество электрофореграмм, что вызывает доверие к результатам, а также заключениям, сделанным в диссертации на основе их анализа.

*С точки зрения оппонента, название раздела 3.1 «Генетическая изменчивость кедрового стланика по аллозимным локусам» несколько неудачно сформулировано, так как оно формально повторяет название раздела 3.3. «Генетическое разнообразие популяций *P. pumila* ...», несмотря на их разное содержание. Вариант «3.1. Генетическая изменчивость аллозимных локусов кедрового стланика» точнее отражал бы содержание раздела 3.1.*

*В материалах раздела нет сведений о том – образуют ли аллозимные локусы у кедрового стланика группы сцепления, если образуют, насколько локусы в группах тесно сцеплены, не имеются ли неслучайные ассоциации аллелей пар разных локусов, по сравнению со случайными распределениями? Отличается ли кедровый стланик в этом отношении от других представителей хвойных?*

В разделе 3.2 приведен анализ процессов гибридизации кедрового стланика и сосны кедровой сибирской, проведенного на примере юге Якутии, где имеется зона перекрывания ареалов этих двух видов. С использованием 22 аллозимных локусов определена вероятная принадлежность сосен к «чистым видам» или гибридам. Обнаружены как видоспецифичные аллели, так и генетические варианты, отличающиеся у видов лишь частотами. Особой теоретической значимостью обладают результаты, показывающие на северной границе зоны межвидовой гибридизации мтДНК кедрового стланика у гибридных сосен, хотя по морфологическим признакам они соответствуют сосне сибирской кедровой. По аллозимным данным, обнаружены как предположительно гибриды первого поколения, так и следы вероятных вторичных и более отдалённых бэккроссов на *P. sibirica*.

В разделе 3.3 приведены данные о генетическом разнообразии популяций на всей изученной восточной части ареала кедрового стланика. С использованием 23 аллозимных локусов генотипированы 864 деревьев. Выявлены высокие уровни внутривидовой генетической изменчивости в большинстве выборок, кроме случаев значительного нарушения структуры популяций, вызванных внешними факторами. Проведен анализ причин различий выборок по уровням генетической изменчивости. Полученные оценки сравнивались с результатами, полученными другими исследователями.

В разделе 3.4 приведены результаты об уровнях генетической дифференциации популяций по всей изученной восточной части ареала кедрового стланика по частотам аллелей и генотипов 23 аллозимных локусов в 29 выборках. Следует приветствовать подход к определению уровня межпопуляционной подразделенности (параметра  $F_{st}$ ) не только для всей совокупности выборок, но для их географических групп (расположенных в пределах отдельных регионов). Научно значимым является выявление корреляции между генетической изменчивостью и географическим положением выборок, чему способствовало использование факторного анализа распределения частот аллелей в пространстве.

Выявлены факторы, из-за которых наблюдаются нарушения данной закономерности.

Раздел 3.5 посвящен оценке родства особей модельного местообитания и анализу клонового состава насаждения. Показано, что в пределах большинства куртин рамет и родственных генотипов больше, чем среди одноствольных форм.

В разделе 3.6 Главы 3 приведен анализ системы скрещивания и динамики гетерозиготности аллозимных локусов на разных стадиях жизненного цикла кедрового стланика (зародыши семян, растения репродуктивного возраста). Особой научной значимостью обладают следующие результаты. Показано влияние структуры популяции, возраста насаждения, его сомкнутости, а также климатических факторов на уровне перекрестного опыления. У большинства выборок у зародышей обнаружен недостаток гетерозигот или близкое к равно-весному распределение генотипов. В то же время, в части местообитаний во взрослой части популяции установлен избыток гетерозигот. Для кедрового стланика, таким образом, также обнаружено то же явление, встречающееся у других видов хвойных древесных растений. Оно может вызываться постепенной элиминацией инбредного менее гетерозиготного потомства, возможно, из-за понижения жизнеспособности.

*На с. 106 отмечено, что гаплотипы эндоспермов плодоносящих деревьев и генотипы зародышей определялись по 27 и 23 изоферментным локусам, соответственно. Означает ли это, что средняя гетерозиготность разных поколений сравнивалась по разным наборам генетических маркеров?*

*На с. 112 отмечается, что «Тенденция к снижению дефицита гетерозигот среди зародышей в этой популяции позволяет предполагать, что в случае снижения антропогенного воздействия возможно ее восстановление до естественного состояния». Речь идет о популяции Пенжина из Корякского округа Камчатского края. О снижении какого антропогенного воздействия на этой малонаселенной территории идет речь?*

*При изучении системы скрещивания автор, как указано на с. 106, изучил 11 субпопуляций. Однако объяснения, почему группам изученных растений придан этот ранг, диссертант не привел. Хотелось бы получить разъяснения этого подхода.*

*Техническое замечание - на некоторых графиках заглавия осей приведены на русском, а легенды – на английском (например, на с. 103), хотя программа STATISTICA позволяет выбрать нужный язык при оформлении рисунков.*

Заключительный раздел 3.7. Главы 3 3.7 посвящен анализу причин выявленной картины распределения генетической изменчивости кедрового стланика на изученной части ареала. По мнению оппонента, при этом достигнут один из наиболее научно значимых результатов исследования. Выявлены связи значен- ний частот аллелей 16 локусов с географическими координатами, отражающие паттерны расселения и экологическую дифференциацию в гетерогенных условиях среды - 18 аллелей с географической долготой и 24 аллелей с широтой ( $p < 0.05$ ). Частоты аллелей шести локусов коррелировали с температурными

биоклиматическими переменными и уровнем осадков с сентября по май – в период вегетационной паузы. Выявление этих закономерностей дает хорошую перспективу - как для практического применения результатов работы, так и для будущих исследований в том же аспекте, но основанных на анализе полно-геномных данных.

*Возникает вопрос – как бы выглядела корреляция генетических и климатических данных при исключении из анализа популяций – «выбросов», обладающих не характерными (для большинства выборок) по разным причинам частотами аллелей/генотипов и/или величинами гетерозиготности и коэффициентов инбридинга?*

Разделы Главы 3 диссертации логически хорошо взаимосвязаны друг с другом и остальными главами, что позволило диссертации обладать выраженными внутренним единством, единой логикой изложения и анализа полученных данных. Приведены практические рекомендации, важные как для теории и практики как будущих генетических исследований, так и природоохранной сферы.

В лаконично составленном Заключение (с. 137-138) суммированы основные итоги исследования.

Далее (с. 139-140) приведены 7 выводов всей проведенной работы. Они в емкой форме отражают основные положения, изложенные в тексте диссертации, и не противоречат ее содержанию.

Список литературы включает 216 наименований, в том числе 135 - на иностранных языках. Автор диссертации подошел к их отбору достаточно критически, учитывая, что научная литература в области исследований популяций лесных древесных растений насчитывает многие тысячи источников.

Диссертацию завершают Приложения (с. 163-183). Что важно, в нем приведены частоты аллелей изученных локусов, попарные значения показателя межпопуляционной подразделенности  $F_{st}$  для 29 выборок, значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности, и коэффициента инбридинга в выборках взрослых деревьев и зародышей семян. Учитывая обширность исследованной части ареала кедрового стланика, большое число изученных популяций, наличие географических координат мест отбора образцов, эта первичная информация может быть отправной точкой для будущих популяционно-генетических исследований кедрового стланика. В их числе дальнейший мониторинг динамики генетического разнообразия и генетической структуры популяций, в том числе в интересах природоохранной деятельности.

Высказанные по главам и разделам замечания и заданные вопросы не снижают общей высокой оценки оппонентом содержания работы. Поставленная диссертантом цель достигнута, задачи решены. В целом, представленные в диссертации собственные научные результаты Белокопя Ю.С., их анализ, разработанные положения, сделанные выводы и рекомендации – несомненный вклад автора работы в дальнейшее развитие теории и практики генетических исследований, они являются новыми знаниями о ключевой роли кедрового

стланика в стабильности лесных экосистем Восточной Сибири и Дальнего Востока в эпоху усиливающегося изменения климата.

### Заключение

Представленная к защите диссертация «Генетическая структура популяций кедрового стланика, *Pinus pumila* (Pall.) Regel., в восточной части ареала», является завершенным научным исследованием, выполненном на высоком научно-методическом уровне. В ней на основании выполненной автором работы содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития популяционной генетики древесных видов растений. Содержание диссертационной работы Белоконя Ю.С. полностью соответствует п.п. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. (с действующими изменениями), предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание степени кандидата биологических наук, а ее автор Белоконь Юрий Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7 – генетика биологической отрасли науки.

Официальный оппонент:

Янбаев Юлай Аглямич,

профессор, доктор биологических наук (03.00.16 – Экология), профессор кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: Yanbaev\_ua@mail.ru

Адрес организации 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34; тел.: +7(347)228-15-11, e-mail: bgau@ufanet.ru, сайт: <https://www.bsau.ru>.



Ю.А. Янбаев

«21» февраля 2025 г.

