

На правах рукописи

Лебедев Владимир Александрович

**ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СО-
СТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

06.03.02 – лесоведение, лесоводство, лесоустройство
и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Екатеринбург – 2017

Работа выполнена в ФГБУН Ботанический сад
Уральского отделения Российской академии наук

- Научный руководитель доктор биологических наук, профессор
Шавнин Сергей Александрович
- Официальные оппоненты: Путенихин Валерий Петрович, доктор биологических наук, Ботанический сад-институт УНЦ РАН, лаборатория дендрологии и лесной селекции, заведующий;
- Зацепина Ксения Геннадьевна, кандидат биологических наук, Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачёва Сибирского отделения РАН, младший научный сотрудник.
- Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Защита состоится «02» ноября 2017 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ауд. 401

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru)

Автореферат разослан « » сентября 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Изучение и сохранение генетических ресурсов лесообразующих видов – одна из важнейших задач современных лесоведов, особенно актуальная при современной интенсивной лесозэксплуатации. Генетическое разнообразие является необходимой базой для любых работ селекции и генной инженерии по созданию более продуктивных и экономически выгодных форм хозяйственно значимых видов. По опыту других стран известно, что затраты на лесную генетику и селекцию наиболее рентабельны по сравнению с затратами на другие виды работ в области лесоводства [Проказин, Рутковский, 2007; Кутышева, 2009].

С целью сохранения генофонда основных лесообразующих видов в 80-х годах XX века на территории России была создана сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) - лесных генетических резерватов (ЛГР), представляющих собой участки леса, типичные по своим фитоценотическим, лесоводственным и лесорастительным показателям для данной природно-климатической зоны. На территории Свердловской области было выделено 111 ЛГР средней площадью около 1000 га. В связи с тем, что с момента выделения ЛГР в 1983-1984 гг. в области прошло более 30 лет, существует острая необходимость определения их современного состояния.

Исходя из специфики данного вида ООПТ, важным является изучение не только санитарного и лесоводственного состояния сохраняемых насаждений, но и особенностей их генетико-популяционной структуры с позиций сохранения разнообразия генетических ресурсов видов-лесообразователей. Проведение таких исследований позволит в перспективе наметить комплекс мер по сохранению и улучшению состояния ЛГР. В качестве модельного лесообразующего вида Свердловской области в нашей работе используется сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

Степень разработанности проблемы. Тематика лесных генетических резерватов в научной литературе освещена недостаточно. Несмотря на то, что в последнее десятилетие отечественными учёными разработаны подходы как к обоснованию необходимого количества резерватов [Видякин, 2007; Рогозин, Запоров, Жекин, 2007], так и к непосредственной оценке и классификации уже существующих ЛГР в виде интегральной шкалы эколого-генетической оценки класса качества резерватов [Санников и др., 2015], в целом сведения о данном типе особо охраняемых природных территорий не систематизированы и носят фрагментарный характер. Вопросы сохранения генетического разнообразия лесообразующих пород с помощью генетических резерватов требуют дальнейшего как глубокого теоретического, так и обширного практического изучения.

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлась оценка состояния лесных генетических резерватов на территории Свердловской области и изучение изменчивости лесообразующих видов генетических резерватов на примере сосны обыкновенной с помощью изучения ряда морфологических признаков шишек и семян и изозимного анализа хвои.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести оценку комплекса лесоводственных признаков и санитарного состояния древостоев 15 ЛГР, расположенных в различных лесорастительных районах Свердловской области.

2. Проанализировать морфологическую изменчивость семян и шишек *Pinus sylvestris* из 9 ЛГР, расположенных в различных лесорастительных районах Свердловской области.

3. Изучить с помощью аллозимного анализа генетическую изменчивость *Pinus sylvestris* в 5 ЛГР, расположенных в различных лесорастительных районах Свердловской области.

4. Провести оценку всех 111 ЛГР Свердловской области на основе анализа спутниковых снимков.

Научная новизна. Впервые с момента выделения ЛГР (1983-1984 гг.) в Свердловской области проведена их инвентаризация и первичная оценка состояния. На примере 15 ЛГР из основных лесорастительных зон региона сделано лесоводственное описание резерватов, проведена оценка жизненного состояния древостоев, степени их повреждения от воздействия экзогенных факторов, выполнены флористические описания. Впервые за период существования резерватов исследована изменчивость лесообразующих видов ЛГР на примере сосны обыкновенной с помощью изучения ряда морфологических признаков шишек и семян и изозимного анализа. Разработан метод оценки антропогенной нарушенности и географической изолированности насаждений резерватов на основе анализа спутниковых снимков, с помощью которого проведена оценка всех 111 ЛГР Свердловской области. Впервые на примере конкретного резервата апробирована шкала генетической и экологической оценки класса ЛГР [Санников и др., 2015].

Теоретическая и практическая значимость. Материалы исследований могут служить основой для планирования мероприятий по сохранению и улучшению состояния ЛГР на территории Свердловской области. Отдельные результаты работы могут быть использованы при оценке ЛГР других регионов страны и зарубежья. Теоретические и практические результаты исследований могут использоваться при преподавании учебных дисциплин «Лесоводство», «Лесоведение» и «Охрана природы».

Методология и методы исследований. В основу исследования положен комплексный подход и многоаспектная оценка состояния лесных генетических резерватов. В работе были использованы традиционные научно-обоснованные способы сбора и обработки полевого материала, а также апробированы авторские методики оценки ряда параметров лесных генетических резерватов [Лебедев, 2014; Санников и др., 2015].

Положения, выносимые на защиту:

1. Современное состояние изученных древостоев ЛГР Свердловской области по комплексу лесоводственных признаков и санитарному состоянию является удовлетворительным.

2. Изученные древостои *Pinus sylvestris* из различных ЛГР Свердловской области достоверно различаются по комплексу генетических и морфологических признаков. Различия по обоим показателям соответствуют лесорастительному районированию Б.П. Колесникова и региональным особенностям климата и рельефа.

3. В сети ЛГР Свердловской области существуют значительные проблемы организации охраны генофонда основных лесообразующих видов. Анализ спутниковых снимков показал высокую (более 20% территории) степень антропогенной нарушенности 54 из 111 древостоев, а также отсутствие полноценной безлесной буферной зоны вокруг резерватов.

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность и достоверность материалов исследований подтверждается значительным по объёму экспериментальным материалом, применением научно-обоснованных методик, использованием современных методов обработки, анализа и оценки достоверности полученных данных.

Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на 2 международных научно-практических конференциях (Санкт-Петербург, 2011; Екатеринбург, 2014), 6 всероссийских научно-практических конференциях (Екатеринбург, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016; Челябинск, 2015), работа победила в конкурсе среди молодых учёных на премию Губернатора Свердловской области в номинации «За лучшую работу в области охраны природы» (Екатеринбург, 2014). Инициативно создана и передана в научную библиотеку БС УрО РАН единая электронная информационная база по ЛГР Свердловской области объёмом 8 Гб, создан низкотемпературный банк семян основных лесообразующих видов из ЛГР Свердловской области (внесён семенной материал *Pinus sylvestris* из 9 ЛГР).

По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах (список ВАК России).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 400 наименований, в том числе 90 зарубежных авторов. Работа изложена на 192 страницах, содержит 19 таблиц, 15 рисунков, 4 приложения.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д-ру биол. наук С.А. Шавнину; канд. с.-х. наук В.А. Галако, канд. биол. наук В.Э. Власенко и д-ру биол. наук А.К. Махнёву - за содействие в сборе данных о лесоводственно-таксационном и санитарном состоянии насаждений и методологические консультации по их обработке и интерпретации; д-ру биол. наук И.В. Петровой, д-ру биол. наук С.Н. Санникову и сотрудникам лаборатории популяционной биологии древесных растений и динамики леса Ботанического сада УрО РАН - за методологические консультации по работе с генетическим материалом; сотрудникам ИЭРиЖ УрО РАН канд. биол. наук О.В. Ерохиной и канд. биол. наук Л.А. Пустоваловой за помощь в получении геоботанических данных. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Президиума УрО РАН (пр. №12-44-005-СГ, №11-44-11-СГ).

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

ЛГР являются типом ООПТ, специализированным на сохранении генофонда видов-лесообразователей в целях реализации долговременного, устойчивого и экономически эффективного управления лесами. Как целевой подвид ООПТ, ЛГР имеются исключительно на территории бывшего СССР. Однако на данный момент тематика ЛГР в литературе поднимается крайне эпизодично, а данные по числу и площади резерватов в ряде случаев противоречивы и неупорядочены даже в пределах отдельных регионов.

Базовым документом, определяющим методы выделения и сохранения резерватов, является «Положение о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР». Имеющиеся в тексте рекомендации исходить из «...размеров ареала и полиморфизма вида...» в определении количества резерватов (п. 15) и сохранять «ценные в генетико-селекционном отношении части популяции вида, подвида, экотипа» (п. 5) не могут быть реализованы в полной мере в том числе потому, что на настоящий момент исследования популяций и структуры ареалов основных видов-лесообразователей на территории страны во многих случаях не завершены. В сложившейся ситуации разработан ряд подходов к обоснованию необходимого количества ЛГР того или иного административного субъекта (страны, края, области) как для видов с изученной структурой популяций [Видякин, 2007], так и для видов с недостаточно изученной популяционной структурой [Рогозин, Запоров, Жекин, 2007]. Кроме того, разработан подход к непосредственной оценке и классификации уже существующих ЛГР в

виде интегральной шкалы эколого-генетической оценки класса качества резерватов (на примере ЛГР *Pinus sylvestris*) [Санников и др., 2015].

Глава 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В главе рассматриваются особенности климата, рельефа, гидрологии, почвенных условий Свердловской области. Подчёркивается высокая дифференциация климата, рельефа и почвообразующих пород. Указывается, что по причине исторически долгосрочного человеческого влияния из лесных сообществ в регионе преобладают производные и условно-коренные леса (особенно на юге и в центре области), а первобытные коренные леса сохранились лишь небольшими участками. В лесах всех типов под влиянием хозяйственной деятельности отчётливо выражена смена пород, что вызывает сокращение площади коренных и условно-коренных лесов с преобладанием в древостое хвойных пород и увеличение площади лиственных лесов - преимущественно берёзовых и осиновых [Колесников и др., 1974].

Глава 3. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лесоводственное описание древостоя ЛГР. Обследование ЛГР было проведено с таким расчётом, чтобы представить основные единицы таксонов лесорастительного районирования Среднего Урала (область, провинция, округ) согласно классификации Б. П. Колесникова [Колесников, 1961]. Всего было обследовано 15 ЛГР (Таблица 1, Рисунок 1).

Таксационное обследование. При изучении состояния древостоев использовался метод закладки круговых реласкопических площадок с помощью зеркального реласкопа В. Биттерлиха [Сукачев, 1972; Анучин, 1982; Сеннов, 2011]. Количество круговых площадок устанавливалось равномерно по площади резервата, приблизительно через каждые 100 м, предпочтительно по трансекте «север-юг». В среднем на каждый резерват приходилось 6 площадок по одной или двум трансектам (в зависимости от площади и формы резервата). Определяли состав древостоя (а также наличие и состав подроста, подлеска), доминирующий ярус и его высоту, соотношение древесных видов, средний возраст (с учётом высот, таблиц хода роста по региону, отбора кернов у модельных деревьев для определения возраста), «средние» высоты и диаметры, классы и группы возраста исследуемого древостоя, распределение насаждений по группам бонитета (по М. М. Орлову), тип леса (по Колесникову, 1961), полноту леса, запас (в дес. куб. м. на га). Сравнительную оценку показателей продуктивности проводили в сравнении с типичными для данного типа леса параметрами: бонитетом, полнотой, запасом на 1 га [Колесников и др., 1974]. Всего на 90 пробных площадках проведена

оценка 981 дерева (720 сосен, 168 берёз, 67 елей, 17 пихт, 9 осин), из них определение возраста по кернам - у 72 сосен.

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 60%.

Таблица 1. Распределение ЛГР по типам лесорастительных условий Среднего Урала (по Б. П. Колесникову).

Название резервата	Лесорастительная область	Лесорастительная провинция	Лесорастительный округ
Красноуфимский №1 Красноуфимский №3	Восточно-Европейская равнинная	Уфимского плато	Широколиственно-хвойных лесов
Красноуфимский №2 Артинский №2	Восточно-Европейская равнинная	Юрюзано-Сылвинская депрессия	Северолесостепной
Билимбаевский №1 Билимбаевский №2	Уральская горная	Среднеуральская низкогорная	Южнотаёжный
Кушвинский №3 Красноуральский №1	Западно-Сибирская равнинная	Зауральская холмисто предгорная	Южнотаёжный
Асбестовский №1 Сухоложский №1 Свердловский №1	Западно-Сибирская равнинная	Зауральская холмисто предгорная	Сосново-берёзовых предлесостепных лесов
Каменск-Уральский №1 Каменск-Уральский №2	Западно-Сибирская равнинная	Зауральская холмисто предгорная	Северолесостепной
Верхотурский №1	Западно-Сибирская равнинная	Зауральская равнинная	Южнотаёжный
Талицкий №1	Западно-Сибирская равнинная	Зауральская равнинная	Сосново-берёзовых предлесостепных лесов

Обследование санитарного состояния. Оценка степени повреждения древостоев от воздействия антропогенных факторов - рекреации, аэротехногенного загрязнения и др., проводилась с использованием российских и зарубежных методик [Цветков и др., 1995; Алексеев, 1997].

Для каждого учётного дерева определялись: класс повреждения (по шестибальной шкале), дефолиация и дехромация кроны, срок жизни хвои. Оценивали как индекс санитарного состояния насаждений по количеству деревьев отдельных категорий санитарного состояния, так и индекс жизненного состояния по региональной шкале оценки жизненного состояния древостоя [Менщиков, 2001].

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 60%.

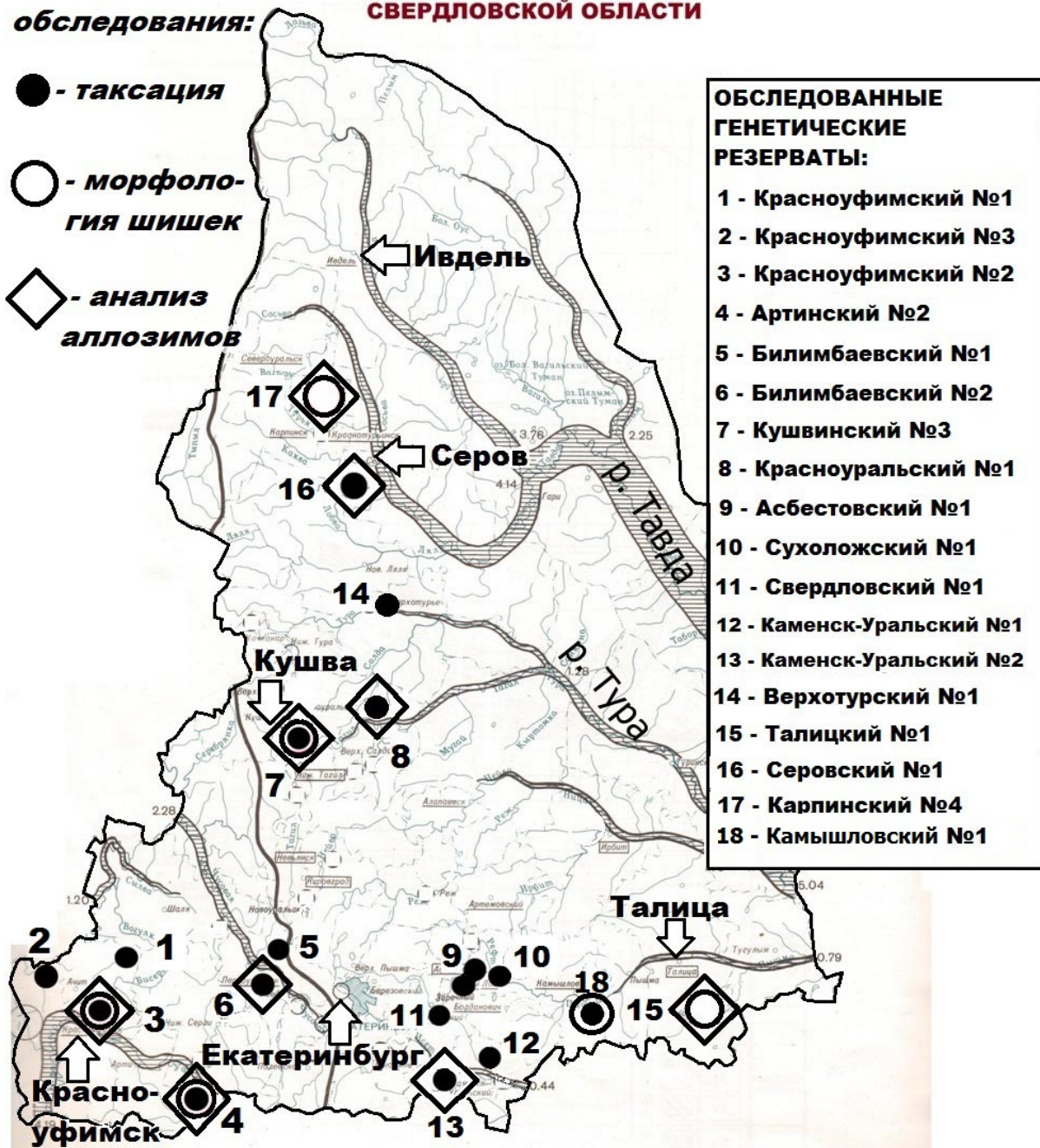
Методы**обследования:**● - **таксация**○ - **морфология шишек**◊ - **анализ аллозимов****КАРТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рисунок 1. Обследованные лесные генетические резерваты

Геоботанические исследования. Исследования проводились по стандартным методикам [Андреева, 2002]. Выявлялись признаки антропогенного воздействия, редкие и исчезающие виды растений [Красная книга..., 2008].

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 10%

Морфологический анализ шишек и семян *Pinus sylvestris*. В качестве фенотипических маркеров применяли наиболее стабильные качественные и количественные признаки генеративных органов, которые широко используются для изучения внутривидовой изменчивости хвойных видов [Дылис, 1948; Правдин, 1964; Милютин, 1982, 1988; Путенихин, 1993, 2000; Видякин, 2001]. Использовался набор из 41 карпологического признака по Л. Ф. Правдину (1964) и

В. П. Путенихину (1993): 38 количественных (из них 13 относительных) и 3 качественных (цвет шишки, цвет семян, тип шишки по форме апофиза). Результаты измерений были проанализированы с помощью методов дискриминантного, дисперсионного и кластерного анализа. Для выявления степени сходства и различия между насаждениями различных ЛГР по комплексу количественных признаков использовалось обобщённое расстояние Махаланобиса (D^2), которое, по мнению многих авторов, коррелирует с генетическими расстояниями [Меницкий, 1966; Cubero, 1973; Lee et al., 1973; Семериков, 1986; Санников, Петрова, 2003]. Статистический анализ проводился на базе программы Statistica 8.0.

В 9 ЛГР всего было исследовано 214 деревьев, анализировали по 5 шишек с каждого дерева (всего исследовано 1070), количественные параметры изучали на 2 семенах и 2 чешуях из соответствующих мест каждой шишки.

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 100%.

Аллозимный анализ материала хвои и почек *Pinus sylvestris*. Электрофорез (в вертикальном блоке полиакриламидного геля), гистохимическое окрашивание и идентификацию ферментов проводились согласно общепринятой методике [Корочкин и др., 1977; Полозова, Духарев, 1984; Подогаз и др., 1991; Семериков и др., 1991; Hertel, 1997]. Анализ выполнен на основе идентификации 12 белковых локусов девяти кодирующих ферментных систем (adh, skdh, 6-pgd, fdh, gdh, dia, got, pgm, est-f). Для определения степени аллозимной дифференциации выборок использовались параметры генетических дистанций М. Неи [Nei M., 1972, 1978]. Обработку результатов проводили с помощью пакетов программ BIOSYS [Swofford D.L. et al., 1981]. На основании общепринятых параметров (P , A , H_o , H_e) определяли уровень внутривидового полиморфизма. Используя F -статистики (F_{it} , F_{st} , F_{is}) Райта [Wright S., 1978], определяли степень инбридинга и степень подразделённости популяций.

Проведён анализ материала хвои и почек сосны из 5 ЛГР, каждая пробная площадь представлена 40-48 деревьями (40 – 60-летнего возраста).

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 100%.

Выявление всхожести семян. Использовалась методика, описанная в «ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести». Изучался материал, собранный на территории Красноуфимского ЛГР №2 в 2014 г. и хранившийся 2 года при температуре -18°C . Обработано 3 повторности по 100 семян.

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 100%.

Работа со спутниковыми снимками. Ввиду того, что в литературе не удалось обнаружить разработанных методик анализа снимков, учитывающих специфику работы с ЛГР, в работе использованы авторские методики.

Для поиска на снимках территорий ЛГР, в документации Министерства природных ресурсов обозначенных пограничными GPS-метками (система координат WGS-84), использовалась специализированная программа SAS-Planet. Поиск информации проводился в следующих бесплатных базах спутниковых снимков: «Google», «Yandex», «Yahoo», «Bing maps», «Navteq», «Nokia», «GeoHub», «Геопортал Роскосмоса», «Kosmosnimki.ru».

С целью оценки информативности указанных в документах ориентиров для практической работы с ЛГР введён параметр «адекватность выделения границ GPS-метками», включающий три уровня:

1) «Адекватно» - двоякое толкование границ резервата невозможно; как правило, территория обозначена 4-6 точками, образующими выпуклый многоугольник и однозначно соединяемыми линиями.

2) «Требуется уточнения» - набор ограничивающих резерват GPS-меток можно соединить несколькими равноценными способами, что приводит к неопределённости в расположении части границ (Рис. 2-3).

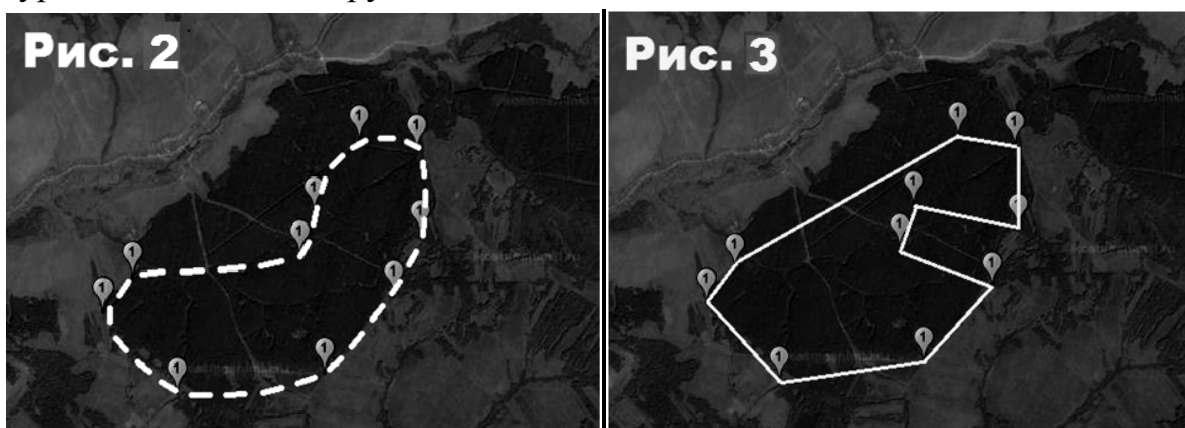
3) «Требуется переделки» - указанные в документах GPS-координаты несут в себя явные ошибки.

Для дистанционной оценки сохранности ЛГР по спутниковым снимкам введён параметр «нарушенность древостоя рубками», показывающий долю территории резервата, на которой визуально отмечены следы рубок, частых просек, дорог. Параметр подразделяется на четыре градации в зависимости от доли нарушенной территории: 0-5%, 5-10%, 10-20%, более 20%. Точное соотношение общей площади резервата и площади нарушенных рубками участков его территории выявляли на снимках с использованием программы графического анализа ARFill 4.2. Для тех случаев, когда контуры резервата «требуют уточнения» - рассчитывалась средняя степень нарушенности для 2-4 основных вариантов границ резервата.

Важную роль для ЛГР играет наличие буферной зоны, защищающей от иммиграции чуждой пыльцы и семян [Санников и др., 2015]. В ходе исследований проводили количественную оценку степени пространственной изолированности насаждений резерватов от окружающих лесных массивов неопределенного генетического состава. Для этого нами был введен параметр «*изолированность*», показывающий у каждого ЛГР долю периметра, отделённого от окружающих резерват лесных насаждений безлесной буферной зоной. Параметр подразделяется на четыре градации, выделенные на основе полученных результатов: наличие буферной зоны вдоль 0,50-0,75, 0,25-0,5 и 0,125-0,25 периметра соответственно; либо отсутствие буферной зоны.

Рисунки 2-3. Артинский ЛГР №2: Пунктиром показан «наиболее очевидный» способ соединения пограничных GPS-меток, сплошной линией показана

выявленная в ходе инвентаризации фактическая форма резервата. Снимок с ресурса «Космоснимки.ру».



Кроме того, для каждой буферной зоны выявляли её среднюю ширину, названную нами *буферным расстоянием*. В качестве его основных градаций приняты значения от 0,5 до 1 км, от 1 до 2 км, 2 км и более.

Для тех случаев, когда контуры резервата «требуют уточнения» - рассчитывались средние значения изолированности и буферного расстояния для 2-4 основных вариантов границ резервата.

Авторский вклад в сбор и обработку материала – 100%.

Глава 4. ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННОЕ И САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ниже приведены конкретные результаты лесоводственного обследования древостоев 15 ЛГР Свердловской области (Таблица 2). Сравнительную оценку показателей продуктивности проводили в сравнении с типичными в данном регионе и для данного типа леса параметрами: бонитетом, полнотой, запасом на 1 га (Колесников и др., 1974).

Таксационные исследования во всех случаях показывают высокие лесоводственные показатели древостоев. Обнаруженные при полевом исследовании 15 ЛГР организационные проблемы (следы рубок, подсочки, пожаров, сдача территорий ЛГР в аренду), как и высокая степень антропогенной нарушенности (Глава 6), отмечены в древостоях с высоким запасом древесины на га и преобладанием в составе леса сосны (в одном случае – ели); для ЛГР с относительно низким запасом древесины на га и преобладанием берёзовых насаждений подобных проблем не отмечено.

Флористические исследования показали, что растительные сообщества обследованных резерватов являются типичными для тех природных зон и подзон, в которых расположены ЛГР. Фитоценозы сохраняют сложную многоярусную структуру и значительное видовое богатство. Антропогенное влияние на

Таблица 2. Результаты таксационного обследования 15 ЛПР Свердловской области

Название ЛПР	Древесные виды	S, га	Класс возраста	Класс бонитета	Запас, м ³ /га	Полнота	Сравнительная средняя продуктивность	Санитарное состояние насаждений
Красноуфимский №1	сосна	994,5	IV-VI	I-II	300-400	0,6-0,7	выше средней	слабо-поврежд.
Красноуфимский №3	ель	988	VI-VII	II-III	220-320	0,5-0,7	полноценная	слабо-поврежд.
Красноуфимский №2	сосна	972	V-VI	I-II	360-440	0,6-0,7	выше средней	слабо-поврежд.
Артинский №2	сосна	980	V	I-II	340-420	0,7-0,8	выше средней	слабо-поврежд.
Билимбаевский №1	ель сибирская ; сосна, береза.	1183	IV-VIII	I-III	250-400	0,7-0,8	полноценная	фоновые
Билимбаевский №2	сосна	529,8	VI-VII	I-II	200-500	0,7-0,9	полноценная	фоновые
Кушвинский №3	ель сибирская, сосна, береза.	1003,8	IV-VII	II-III	220-320	0,7-0,8	полноценная	слабо-поврежд.
Красноуральский №1	береза	873	VI-VIII	II-III	220-280	0,6-0,8	полноценная	слабо-поврежд.
Асбестовский №1	сосна	1333	IV-VII	II	250-400	0,6-0,8	полноценная	слабо-поврежд.
Суходолжский №1	сосна	1115	V-VI	I-II	350-500	0,8-1,0	выше средней	слабо-поврежд.
Свердловский №1	сосна	848	VI-VIII	I-II	350-400	0,7-0,8	полноценная	слабо-поврежд.
Каменск-Уральский №1	береза	505	VII-VIII	II	230-270	0,7-0,8	полноценная	фоновые
Каменск-Уральский №2	сосна	771	V-VI	I	350-480	0,7-0,9	выше средней	фоновые
Верхогурский №1	береза	511	VI	II	200-260	0,7-0,8	полноценная	слабо-поврежд.
Талицкий №1	сосна	1071	VI	II	320-350	0,6	полноценная	слабо-поврежд.

флористический состав незначительно. Для ЛГР запада области отмечена тенденция к смене на отдельных участках светлохвойных (сосновых) лесов темнохвойными (еловыми и пихтовыми).

Санитарное состояние: насаждения большинства ЛГР можно описать как слабо повреждённые. Корреляции санитарного состояния насаждений и степени их антропогенной нарушенности (Глава 6) не отмечено. Наилучшие показатели имеют древостои Каменск-Уральских ЛГР №1 и №2 (Свердловское гос. лесничество), а также Билимбаевских ЛГР №1 и №2 (Билимбаевское гос. лесничество). В целом для всех обследованных ЛГР средний индекс жизненного состояния деревьев составляет – 2,2; дефолиация (изреженность кроны) – до 27%, дехромация (пожелтение хвои) – 9%.

Сопоставление полученных результатов с литературными данными - показано, что ряд выявленных в результате наших исследований проблем ЛГР (слабая повреждённость древостоев с санитарной точки зрения, проблемы естественного лесовозобновления, нередкие следы низовых пожаров и ветровала) является для ЛГР Свердловской области характерными и даже предсказуемыми [Махнёв, 2010].

Глава 5. ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРИВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ДРЕВОСТОЕВ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ PINUS SYLVESTRIS L.

В современных научных исследованиях практически отсутствуют данные об особенностях генетической структуры лесообразующих видов, полученные на основе изучения ЛГР. Для изучения внутривидовой изменчивости сосны в исследуемых ЛГР использовались взаимодополняющие фенотипические и генотипические методы, что дает возможность получить более объективную картину [Гришина, 1985; Санников, Петрова, 2003].

Результаты анализа морфологии семян и шишек. Проведённое попарное сравнение всех 9 выборок по совокупности 41 признака с помощью дискриминантного анализа (с учётом особенностей качественных и количественных признаков) показало достоверные отличия между большинством выборок, кроме пар Сер-1/Блб-2 и Сер-1/Слд-1. Анализ каждого из признаков по фактору лесорастительного районирования показал явную клинальную (север-юг) направленность изменений большинства количественных признаков и отсутствие подобной закономерности по всем качественным признакам, что соответствует имеющимся в литературе данным [Санников, Петрова, 2003].

Результаты анализа аллельного состава изоферментов. Уровни показателей генетического разнообразия (полиморфизма и гетерозиготности) в изученных ЛГР соответствуют значениям, типичным для изучаемого региона [Санников, Петрова, 2003; Филиппова и др., 2006]. Значения величин наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности для всех ЛГР различаются статистически недостоверно, что говорит об относительной стабильности генофонда в каждом случае.

Величины генетических дистанций Неи (D_{N78}) между изученными выборками *Pinus sylvestris* варьируют от 0,007 до 0,026 (Таблица 3). Максимальные дистанции наблюдаются между «южными» ЛГР, с точки зрения лесорастительного районирования относящимися к лесостепи (Красноуфимский №2, Артинский №2,) и «северными» ЛГР, относящимися к средней тайге (Карпинский №4, Кушвинский №3). Талицкий ЛГР №2, расположенный на юго-востоке области (Рисунок 5.9), имеет относительно низкие числовые значения генетических дистанций Неи со всеми исследованными выборками, включая «северные». Это связано, по-видимому, как с гидрохорным (в направлении основных речных стоков области), так и с анемохорным (через всесезонно преобладающие ветра западных и юго-западных направлений) влиянием более северных и западных насаждений. Следует отметить неожиданно высокую генетическую дистанцию $D_{N78}=0,026$ между «северным» Карпинским ЛГР №4 и «южным» Красноуфимским ЛГР №2, разнесёнными на 370 км.

Таблица 3. Генетические дистанции Неи между выборками *Pinus sylvestris* из 5 изученных ЛГР (курсивом - D_{N1972} , жирным шрифтом - D_{N1978}).

Выборка	<i>Куш-3</i>	<i>Арти-2</i>	<i>Крп-4</i>	<i>Кр-уф-2</i>	<i>Тал-2</i>
<i>Куш-3</i>	*	0,018	0,013	0,012	0,013
<i>Арти-2</i>	0,014	*	0,016	0,011	0,011
<i>Крп-4</i>	0,010	0,013	*	0,029	0,012
<i>Кр-уф-2</i>	0,008	0,007	0,026	*	0,011
<i>Тал-2</i>	0,009	0,007	0,009	0,008	*

Параметры F-статистик. Для общности изученных ЛГР значение генетической подразделённости F_{ST} (коэффициент инбридинга популяции относительно всего вида) составило 0,024, а величина межпопуляционного потока генов $N_e m$ составила 10,17 мигранта на поколение, что говорит о средней степени генетической подразделённости поселений сосны исследуемых ЛГР. Значения индекса фиксации Райта F_{IT} (коэффициент инбридинга особи относительно изученных популяций вида в целом), равного 0,037, а также индекса F_{IS} (коэффициент инбридинга особи относительно её популяции), равного -0,013, в совокупности ис-

следованных ЛГР не противоречат результатам ранее проведённых исследований Урала и сопредельных территорий [В. Семериков, 1992; Гончаренко и др., 2003; Филиппова и др., 2006].

Глава 6. СОЗДАНИЕ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ ОСНОВНЫХ ЛЕСОБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Результаты оценки состояния 111 ЛГР Свердловской области дистанционным методом. В ходе исследований установлено, что координаты пограничных GPS-меток, порядковые номера и названия резерватов соответствуют информации Министерства природных ресурсов Свердловской области [Границы особо охраняемых..., 2004; Постановление правительства Свердловской области..., 2001]. Пограничные GPS-метки привязаны к границам резервата. Последовательное соединение линиями 4-15 меток (прямыми либо изогнутыми по естественным границам – опушка, река) позволяет получить контуры периметра ЛГР. При этом анализ снимков и выборочное сравнение с картографическими данными показали, что ориентирование по последовательности пограничных GPS-меток не всегда позволяет однозначно обозначить контуры резервата без обращения к материалам лесоустройств, а в нескольких случаях данные о GPS-метках содержат существенные ошибки либо опечатки.

В результате анализа информативности указанных в документах GPS-ориентиров выявлено, что 64 ЛГР (57,7%) выделены метками адекватно, 42 ЛГР (37,8%) требует уточнения отдельных границ с использованием материалов лесоустройств, и метки 5 ЛГР (4,5%) требуют переделки из-за ошибок или опечаток в координатах. Проведенная оценка антропогенной нарушенности ограниченных GPS-метками территорий показала повреждённость более 20% у 54 ЛГР (48,7%), 10-20% - у 25 ЛГР (22,5%), 5-10% - у 6 ЛГР (5%), 0-5% - у 21 ЛГР (18,9%), по требующим переделки 5 ЛГР (4,5%) данных не получено. Следует отметить, что в отдельных случаях повреждённость сплошными рубками достигает более 50%, а древостои на территории отдельных резерватов практически уничтожены (Синячихинский ЛГР №3, Таборинский ЛГР №1).

Анализ дистанционной изолированности 111 резерватов от окружающих насаждений показал следующее: 76 резерватов (68,5% ЛГР) окружено сплошным лесным массивом, безлесная буферная зона отсутствует даже частично; 30 резерватов (27% ЛГР) имеют более или менее выраженную буферную зону вдоль части периметра; по 5 ЛГР данных не получено. ЛГР, изолированных от окружающих лесных массивов безлесной зоной по всему периметру в Свердловской области не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований состояния лесных генетических резерватов на территории Свердловской области установлено:

1. Для всех изученных с помощью лесоводственного обследования ЛГР Свердловской области характерны высокие значения лесоводственных показателей насаждений (бонитет, полнота, запас на 1 га).

2. Для всех изученных с помощью лесоводственного обследования ЛГР Свердловской области характерны высокие либо удовлетворительные значения показателей санитарного состояния древостоев. Из 15 обследованных ЛГР 11 относятся к слабо-повреждённым насаждениям, 4 – к условно здоровым насаждениям.

3. В настоящее время на отдельных участках ЛГР, особенно в западной части Свердловской области, происходит смена сохраняемых светлохвойных (сосновых) лесов темнохвойными (еловыми и пихтовыми).

4. *Pinus sylvestris* из различных ЛГР Свердловской области достоверно различается как по комплексу морфологических признаков шишек и семян, так и по значениям генетических дистанций Неи. Различия генетической и морфологической структуры изученных насаждений в системе ЛГР в целом соответствуют лесорастительному районированию Б. П. Колесникова и региональным особенностям климата и рельефа. Выявленные показатели богатства генофонда (полиморфизм и гетерозиготность) изученных выборок *Pinus sylvestris* соответствуют характерным для данной части ареала.

5. В документации Министерства природных ресурсов Свердловской области выявлены требующие исправления недочёты в данных о GPS-ориентирах границ ЛГР. Из 111 ЛГР области для 42 требуется уточнение отдельных границ на основе материалов лесоустройства, GPS-ориентеры 5 ЛГР требуют переделки.

6. Оценка антропогенной нарушенности древостоев, проведенная при анализе спутниковых снимков ограниченных GPS-метками территорий ЛГР показала, что следы повреждённости более 20% территории наблюдаются у 54 ЛГР, повреждённости 10-20% территории - у 25 ЛГР, повреждённости 5-10% территории - у 6 ЛГР и повреждённости 0-5% территории - у 21 ЛГР. По 5 ЛГР, требующим переделки GPS-координат, точных данных не получено. В отдельных случаях повреждения древостоев нанесены сплошными рубками и составляют более 50% площади резервата.

7. Анализ степени географической изолированности резерватов от заноса постороннего генетического материала (пыльцы, семян) из окружающих насаждений выявил, что 76 ЛГР окружено сплошным лесным массивом, а 30 ЛГР имеют безлесную буферную зону вдоль части периметра.

8. Интегральная шкала эколого-генетической оценки класса качества резерватов [Санников и др., 2015] перспективна для первичной оценки и сравнения ЛГР, при этом для работы со шкалой могут успешно применяться данные, полученные на основе работы со спутниковыми снимками.

Для сохранения и улучшения системы ЛГР Свердловской области рекомендуются следующее:

1. Присоединить резерваты к программе спутникового контроля наличия нелегальных рубок, показавшей в регионе свою эффективность, либо осуществлять регулярный спутниковый мониторинг состояния ЛГР с помощью анализа спутниковых снимков из обновляемых баз данных (как бесплатных, так и коммерческих).

2. Министерству природных ресурсов Свердловской области рекомендуется провести работу по коррекции GPS-меток границ резерватов для 5 ЛГР, GPS-ориентиры которых требуют переделки и для 42 ЛГР, границы которых требует уточнения.

3. С целью сохранения генетического и репродуктивного потенциала насаждений на территории резерватов рассмотреть вопрос проведения рекомендованных ранее А. К. Махнёвым [Махнёв, 2010] рубок обновления и реформирования, и, по необходимости – сопутствующих лесовосстановительных работ на базе местного семенного материала. В первую очередь следует обращать внимание на ЛГР с высокой степенью антропогенной нарушенности и ЛГР запада области, где проявляется тенденция смены сохраняемых светлохвойных пород на темнохвойные.

4. В комплекс мер по дальнейшему сохранению высококачественного генетического фонда лесобразующих пород следует включить вопрос по созданию вокруг ЛГР защищающих от заноса чуждой пыльцы и семян буферных зон: как необлесенных, так и занятых древостоями отличающегося видового состава, либо посадками на основе семенного материала ЛГР. Минимальным достаточным радиусом облесенной буферной зоны для ЛГР сосны следует считать 100 м.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

По списку ВАК:

Шавнин С.А. Особенности организации лесных генетических резерватов на Среднем Урале / С.А. Шавнин, В.А. Галако, В.Э. Власенко, **В.А. Лебедев** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2012. - №4. – С. 222 - 225.

Шавнин С.А. Лесоводственная характеристика и состояние лесных генетических резерватов Среднего Урала / С.А. Шавнин, В.А. Галако, В.Э. Власенко,

В.А. Лебедев, О.В. Ерохина, Л.А. Пустовалова // Вестник Московского государственного университета леса «Лесной вестник». - 2014. - №4. – С. 63 - 70.

Лебедев В.А. Эколого-генетическая оценка состояния лесных генетических резерватов на территории Свердловской области / В.А. Лебедев, С.А. Шавнин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2016. - №4. – С. 168 - 171.

Шавнин С.А. Комплексная оценка состояния лесных генетических резерватов Свердловской области с помощью методов дистанционного и наземного обследования / С.А. Шавнин, **В.А. Лебедев**, В.А. Галако, В.Э. Власенко // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2017. - №1. - С. 104 – 118.

Публикации в прочих изданиях:

Шавнин С.А. Состояние лесных насаждений на территории генетических резерватов Свердловской области / С.А. Шавнин, В.А. Галако, В.Э. Власенко, **В.А. Лебедев** // Новости Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности. - 2011. - №13. - С. 121 - 122.

Шавнин С.А. Предварительная оценка состояния генетических резерватов основных лесообразующих пород Свердловской области / С.А. Шавнин, В.А. Галако, В.Э. Власенко, **В.А. Лебедев** // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий: материалы всеросс. конф. с междунар. участием (28 мая-1 июня 2012 г., г. Екатеринбург). - Екатеринбург: изд. «Голицкий». - 2012. - С. 22 - 24.

Шавнин С.А. Состояние лесных насаждений на территории генетических резерватов Свердловской области / С.А. Шавнин, В.А. Галако, В.Э. Власенко, **В.А. Лебедев** // Исследования природных и социально-экономических систем Урала. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: материалы II всеросс. науч.-практ. конф. (5 декабря 2013 г., г. Екатеринбург). - Екатеринбург: УрГПУ. - 2013. - С. 34 - 39.

Шавнин С.А. Оценка состояния лесных генетических резерватов Среднего Урала / С.А. Шавнин, В.А. Галако, В.Э. Власенко, **В.А. Лебедев** // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. школы-семинара молодых учёных (2-4 августа 2013 г., г. Пермь). - Пермь: изд. «А-Принт». - 2013. - С. 82 - 86.

Лебедев В.А. Инвентаризация генетических резерватов основных лесообразующих пород Свердловской области на основе анализа спутниковых снимков // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала: материалы всеросс. науч.-практ. конф. к 130-летию со дня рождения И. М. Крашенинникова (2 декабря 2014г., г. Челябинск). - Челябинск: ЧГУ. - 2014. - С. 134-137.

Лебедев В.А. Создание и анализ электронной базы спутниковых снимков генетических резерватов основных лесообразующих пород Свердловской области // Ботанические сады: от фундаментальных проблем до практических задач: сборник статей всеросс. науч.-практ. конф. молодых учёных (7-10 октября 2014 г., г. Екатеринбург). - Екатеринбург: УГЛТУ. - 2014. - С. 56 - 59.

Лебедев В.А. Анализ спутниковых снимков генетических резерватов основных лесообразующих пород Свердловской области // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: материалы международного науч.-практ. конф. (11-12 декабря 2014 г., г. Екатеринбург). - Екатеринбург: УрГПУ. - 2014. - С. 71-75.

Лебедев В.А. Эколого-генетическая оценка состояния лесных генетических резерватов на территории Свердловской области (тезисы) // Экология: факты, гипотезы, модели: материалы конф. молодых учёных (11–15 апреля 2016 г., г. Екатеринбург). - Екатеринбург: изд. «Гощицкий». - 2016. - С. 54 - 55.