

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

В.К. Хлюстов, А.М. Ганихин, Д.В. Хлюстов

# **Ресурсно-экологическое районирование и государственная инвентаризация лесов**

Учебное пособие

Москва  
2018

УДК 630\*11:630\*5:630\*9:528.7

ББК 43

X -625

Рецензент:

д.с-х. наук, профессор **А.В. Любимов**

д.б.н., профессор **И.И. Васенёв**

X 625 **Хлюстов В.К., Ганихин А.М., Хлюстов Д.В. Ресурсно-экологическое районирование и государственная инвентаризация лесов: учебное пособие/ В.К. Хлюстов, А.М. Ганихин, Д.В. Хлюстов. - М.: ??????????????, 2018. – 185 с.**

ISBN

Издание посвящено решению задач выборочной инвентаризации лесов в системе комплексного ресурсно-экологического районирования субъектов Российской Федерации. Типичность лесных районов определена статистической схожестью лесничеств (таксонов) по 32 ресурсно-экологическим показателям. Подробно изложена методика классификации лесничеств на основе факторного, кластерного и дискриминантного анализов. Предложены карты-схемы лесных районов для субъектов РФ Центрального федерального округа.

Показана логическая взаимосвязь формирования статистических выборок (пробных площадей) в типичных ресурсно-экологических лесных районах субъекта РФ. Важным элементом методики являются рекомендации по закладке круговых площадок (500 м<sup>2</sup>) дистанционными методами зондирования Земли для инвентаризации насаждений на территории отдельного лесного района. Приведено статистическое обоснование и формула для определения необходимого числа круговых площадок при выборочной инвентаризации насаждений, которое позволяет получить достоверные результаты, статистически не отличающиеся от данных, соответствующих генеральной совокупности выделов.

Предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению «Лесное дело», для специалистов, занимающихся государственной инвентаризацией лесов.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией факультета почвоведения, агрохимии и экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, протокол № 08 от 13 ноября 2018 г.

УДК 630\*11:630\*5:630\*9:528.7

ББК 43

ISBN

© Хлюстов В.К., Ганихин А.М.,  
Хлюстов Д.В., 2018

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА  
имени К.А. Тимирязева, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	7
1.1. Лесное районирование - основа инвентаризации лесов.....	7
1.2. Международный опыт выборочной инвентаризации лесов .....	25
2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ.....	46
2.1. Описание объектов инвентаризации.....	46
2.2. Описание природно-климатических условий .....	48
2.3. Основные элементы выборочной инвентаризации лесов .....	51
3. МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ.....	53
3.1. Многомерность данных для классификации лесничеств .....	53
3.2. Факторизация ресурсно-экологических показателей.....	60
3.3. Кластеризация лесничеств в системе координат факторов .....	62
3.4. Критериальная оценка достоверности лесного районирования .....	66
3.5. Методика и схема районирования лесов субъекта РФ.....	73
4. МЕТОДИКА ВЫБОРОЧНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ.....	88
4.1. Порядок работ и достоверность инвентаризации насаждений .....	88
4.2. Инвентаризация насаждений средствами ДЗЗ.....	104
<i>Словарь употребляемых понятий и терминов.....</i>	111
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	128

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие посвящено рассмотрению технологии выборочной инвентаризации лесов дистанционными методами зондирования Земли в системе комплексного ресурсно-экологического лесного районирования субъектов Российской Федерации.

Проблемой государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) при таксации насаждений является отсутствие научно-обоснованного ресурсно-экологического лесного районирования субъектов РФ и информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов автоматизированного определения таксационных показателей насаждений методами дистанционного зондирования Земли.

Для решения указанной проблемы требуется:

- статистически достоверное решение задачи, которое обеспечит отсутствие статистических различий между всеми средними таксационными показателями насаждений генеральной совокупности (всех выделов лесного района) и выборочной совокупности (случайной выборки выделов лесного района).
- снижение трудозатрат и повышение точности инвентаризации насаждений путём применения дистанционных методов зондирования Земли и внедрением информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов, методов компьютерного и логического моделирования баз данных.

До настоящего время существует проблема районирования лесов субъектов РФ по типичности (статистической схожести) лесничеств в многомерной системе переменных, характеризующих почвенно-климатические показатели, структуру земель лесного фонда, типов лесов и их продуктивность. Существующие схемы лесного районирования, в основном, предметно ориентированы (лесопожарное, лесосеменное, лесорастительное и пр.) и построены, как правило, на субъективно-интуитивных решениях, не имеют должного науч-

но-методического сопровождения и статистического доказательства достоверности различий между отдельными лесными районами.

Повышение производительности работ и достоверности инвентаризации лесов позволяет обеспечить внедрение в производственный процесс дистанционных методов зондирования лесов беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и информационно-справочных систем комплексной оценки древесных ресурсов.

Цель обучения направлена на рассмотрение концептуально-логического моделирование баз данных выборочной инвентаризации лесов дистанционными методами зондирования Земли в ТЛУ-породно-возрастных стратах по ресурсно-экологическим лесным районам субъектов РФ на примере Центрального федерального округа.

#### **Рассматриваемые задачи:**

1. Устранить при многомерной классификации лесничеств (таксонов) автокорреляцию между переменными, определить содержание и придать семантический смысл главным компонентам.

2. Произвести многомерную группировку лесничеств средствами кластерного анализа.

3. Дать критериальную оценку достоверности ресурсно-экологического лесного районирования субъектов РФ при проведении дискриминантного анализа.

4. Определить необходимое число фотопроб выборочной совокупности выделов, достоверно характеризующих генеральную совокупность выделов насаждений в ТЛУ-породно-возрастных стратах ресурсно-экологических лесных районов конкретного субъекта РФ.

5. Разработать концептуально-логические модели формирования региональных баз данных Государственной инвентаризации лесов средствами аналитического дешифрирования аэрофотоснимков и информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов.

**Объекты инвентаризации.** Лесничества в качестве таксонов при комплексном ресурсно-экологическом районировании субъектов РФ и таксационные выделы в качестве учетных единиц выборочной инвентаризации лесов.

**Предмет изучения.** Научно-методическое и технологическое обоснование элементов выборочной инвентаризации лесов дистанционными методами зондирования Земли:

- статистическое обоснование репрезентативности (представительности) случайной выборки и достоверности проведения ГИЛ;
- технологические элементы размещения и дешифрирования аэрофотопроб в системе ресурсно-экологического районирования лесов субъекта РФ;
- логические, физические и информационно-справочные системы лесотаксационных нормативов формирования региональных баз данных выборочной инвентаризации лесов.

**Новизна методических указаний.** Впервые для субъектов РФ продемонстрированы многомерные классификационные модели и карты–схемы комплексного ресурсно-экологического лесного районирования для субъектов РФ Центрального федерального округа. Для проведения выборочной инвентаризации лесов средствами ДЗЗ уточнено число фотопроб, обеспечивающих статистическую достоверность таксационных показателей насаждений. Впервые рассмотрена концептуальная модель логического формирования региональных (по субъектам РФ) баз данных ДЗЗ и информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов определения таксационных показателей насаждений.

## 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

### 1.1. Лесное районирование - основа инвентаризации лесов

Изучением вопросов районирования лесных территорий занимались многие исследователи. Каждый из них рассматривал различные критерии, в соответствии с которыми необходимо разделить территорию лесного фонда на однородные по каким-либо показателям группы объектов. Но необходимо отметить, что решение данного вопроса должно быть комплексным, так как процессы формирования лесных насаждений весьма многогранны, а характер распределения лесной растительности на территории нашей страны обусловлен большим количеством факторов. В.В. Докучаеву удалось доказать, что в географических зонах существуют закономерные связи между климатом, материнской породой, почвенными горизонтами, флорой, фауной и хозяйственной деятельностью человека [22].

Изучением районирования лесов в нашей стране начали заниматься в начале 19 века. Актуальной задачей районирования является оценка общих закономерностей размещения разных по породному составу и качеству лесов. Схемы того периода носили очень субъективный характер и не имели должного обоснования для применения их на практике. С появлением в последней четверти 19 века именитых ученых-лесоводов вопрос лесного районирования стал рассматриваться более детально. В трудах профессора А.Ф. Рудзкого рассматриваются принципы географического подхода при изучении лесов [79, 80]. Он первым обратил внимание на закономерности присутствия и распространения древесных пород в географических районах. Возникновение лесоведения вначале 20-го века способствовало рассмотрению вопросов районирования лесов с позиций ботаники и географии. На ведущую роль в формировании породного состава лесов от почвенно-климатических условий указывал Г. Майер [126]. Большое внимание этой проблеме в нашей стране уделяли известные лесоводы-естествоиспытатели: Г.Ф. Морозов [65] и Г.Н. Высоцкий [13].

Г.Н. Высоцкий [12] весьма подробно раскрыл тему лесорастительного районирования. Он одним из первых опираясь на учение В.В. Докучаева, а также на накопленные знания по гидрологии, почвоведению и климатологии, дифференцировал степные районы Европейской части России на области и участки, выделил «области роста» дубовых лесов. Он в числе первых настаивал на создании карт лесной растительности и карт типов местопроизростания с целью последующей порайонной специализации лесного хозяйства. Именно ему принадлежат научные термины: «лесорастительное районирование», «лесорастительный район» и др. Г.Н. Высоцкий развивая при районировании ландшафтный подход сам ландшафт называл термином «местность». Он полагал, что разные ландшафты должны различаться между собой по характеру внутренней однородности и характеру сопутствующей ей растительности.

Г.Ф. Морозов [65] указывал на внутривидовое единство между живыми организмами и окружающей средой, отмечая, что любая классификационная единица является общеземным существом, находящимся во взаимосвязи со средой обитания. Ученый пишет, что дифференциация лесных сообществ должна осуществляться при обязательном учете всей совокупности лесообразователей. Под лесообразователями он понимает следующие компоненты среды:

- 1) экологию растений;
- 2) географическое местоположение:
  - климатические условия,
  - рельеф,
  - почвообразующую породу и саму почву;
- 3) биосоциальные взаимоотношения:
  - конкуренция растительности,
  - взаимовлияние растительности и окружающей среды,
  - взаимоотношения растительности и фауны;
- 4) историческую геологию;
- 5) антропогенное воздействие [67].

Академиком В.Н. Сукачевым с соавторами в работе «Дендрология с основами лесной геоботаники» [87] приводится описание древесных пород и типов леса по зонам. Классическим признано определение типа леса по В.Н. Сукачеву, представляющее собой совокупность насаждений, объединенных однородными условиями местопроизрастания, обладающих единым гигротопом, едиными почвенными условиями, а также при одинаковых экономических условиях, требующих одинаковых хозяйственных мероприятий.

В.Н. Сукачев при разработке учения о типах леса отмечает, что классифицировать лесные насаждения необходимо с обязательным учетом как биотических, так и абиотических компонентов в совокупности с выявлением закономерностей их пространственного размещения. При изучении закономерностей пространственного размещения лесных компонентов В.Н. Сукачев указывает на необходимость использования ландшафтного подхода. Его разработки в последующем были использованы в исследованиях по лесной типологии другими авторами.

Е.С. Мигунова указывает на то, что основателем лесной биогеоценологии В.Н. Сукачевым рекомендовалось определять тип леса по растительным индикаторам и коренной древесной породе. Аналогичную позицию разделял и М.М. Орлов, при содействии которого данный подход был внедрен в лесоустройство.

П.С. Погребняк в своей научной работе вплотную занимался изучением взаимосвязей между трофностью почв, их гидрологическим режимом и формирующейся на ней растительностью. Им был усовершенствован подход к типологии Е.В. Алексеева. Он выделил в отдельные классификационные единицы – «супеси» (коренной породой выступает сосна) и «суглинки» (в 3-м ярусе появляются сопутствующие дубу породы). Тем самым, им была разработана весьма стройная схема классификации для оценки почв по их плодородию и степени увлажненности. Данная схема носит название эдафической сетки Алексеева-Погребняка. С целью классификации почв по уровню трофности П.С. Погребняк предлагает использовать шкалы – А, В, С, D по

степени трофности (А - пески, В - супеси, С - суглинистые почвы и D - глинистые почвы) по степени влажности – от 0 до 5 (1 - ксерофильные, 2 - мезоксерофильные, 3 - мезофильные, 4 - мезо-гигрофильные, 5 - гигрофильные и 6 - ультра-гигрофильные). Вследствие чего, в 1929 г., П.С. Погребняк и Д.В. Воробьев составили определители типов леса Украины и выполнили геоботаническое районирование Украинской ССР [10].

Академиком В.Л. Комаровым в предисловии к «Трудам института по изучению леса АН СССР» была обоснована необходимость в районировании лесов [45]. Им подчеркивается сложность рассматриваемой задачи в связи с тем, что районирование лесов, являющееся основой лесной географии, должно быть рассмотрено с позиций сочетания комплекса различных элементов географической среды между собой, а также при районировании лесов должны быть учтены иные природные и хозяйственные связи.

В.П. Разумов [78] отмечает необходимость учёта наряду с природными хозяйственных факторов, в связи с тем, что учёт только природных факторов не достаточен, так как не раскрывает всей характеристики местообитаний и является ограниченным.

В последующие годы лесорастительным районированием в России занимались и другие исследователи. Так, П.П. Кожевниковым и М.А. Ефимовой [38] было выполнено районирование Европейской части СССР, на территории которой ими было выделены отдельные лесные районы в северной части, центральной лесостепи и в южной части степной и полупустынной зонах. В общей сложности было выделено пять зон и тридцать четыре района. Были сделаны выводы о том, что при движении с юга на север лесная растительность резко изменяется и имеет весьма характерную взаимосвязь с подстилающими почвообразующими породами, сформированными исторически. Однако процессы роста и развития лесной растительности в характерных почвенно-грунтовых условиях остаются идентичными для соответствующей климатической зоны. В отношении районирования ими отмечается необходимость помимо лесорастительного районирования осуществить еще и эко-

лого-лесо-климатическое районирование. Они отмечают, что данный подход к районированию должен продемонстрировать текущее состояние и распределение растительности, преобладающий характер условий её произрастания, а также изменчивость районов в климатическом отношении и по всей растительности в целом.

В конце 20-х годов XX в. научно-исследовательскую деятельность начал один из самых именитых исследователей растительности республики Беларусь – И.Д. Юркевич. Начиная с 1930 года под его началом проводились широкомасштабные лесотипологические исследования, по результатам которых была разработана и опубликована в 1940 г. эдафо-фитоценотическая классификация лесов Беларуси. И.Д. Юркевич развил идеи О.С. Полянской о лесорастительном районировании лесов Белоруссии. Подход, предложенный Юркевичем, был взят за основу при проведении лесотипологических исследований и лесоустроительных работ, проводимых на территории республики. В 1948 г. классификация типов леса по И.Д. Юркевичу была уточнена и опубликована [119]. На территории Белоруссии была организована Лаборатория геоботаники, руководителем которой был назначен И.Д. Юркевич. Под его руководством выполнялось планомерное исследование всех типов растительности – болотной, луговой и лесной. По результатам обследования лесной растительности была оценена типологическая структура, продуктивность и особенности формирования насаждений основных лесобразующих пород Белоруссии. При завершении этой работы была предложена схема лесорастительного районирования Беларуси, а также дана единая классификация типов леса. Итоги исследований были представлены в ряде монографий.

Сотрудниками Ботанического института им. Комарова АН СССР в 1947г. было опубликовано геоботаническое районирование СССР, основными принципами которого выступили суждения Е.М. Лавренко [58]. Основным принципом выделения геоботанических областей послужило наличие преобладания определенного типа растительности. Провинция выделялась исходя из видового состава основного эдификатора формации. В лесных

провинциях основным эдификатором являются древесные породы, в степных – виды травянистой растительности. Области при данном виде районирования в одних случаях делятся на округа, в других случаях имеют провинции. Провинции несопоставимы друг с другом по площадной характеристике. Данное разделение территории не имеет логической стройности, что можно считать существенным недостатком. Скорее всего из-за сложности, данный вид районирования не нашел отражения в лесохозяйственной деятельности.

В 1956 г. на Урал прибывает природовед широкого профиля – Б.П. Колесников, продолжающий разработки в области классификации растительных сообществ и районирования покрытых растительностью территорий. Районирование, выполненное ранее Б.П. Колесниковым на Дальнем Востоке [42], во многом повторяет геоботаническое районирование, выполненное Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова АН СССР, за исключением некоторых поправок.

Б.П. Колесниковым предложены особенные подходы по дифференциации лесов. Опираясь на крепкий ботанико-географический фундамент, он открыл географически-генетическое направление типологии лесов [39]. Суть предложенного им подхода заключается в рассмотрении типа леса как объекта временной динамики лесных сообществ, сформированного в результате лесообразовательного процесса.

Схемы типов леса Южного Урала, разработанные Б.П. Колесниковым, получили широкую известность [100], а созданная им классификационная сетка нашла применение при лесоустроительном проектировании в лесах Урала. Согласно рекомендациям автора, отдельный лесной биогеоценоз описывается совокупностью признаков как растительности, так и экотопа.

С целью описания экотопа используются следующие признаки: а) лесорастительная провинция; б) геоморфологический комплекс типов условий местопроизрастания (материнская порода); в) тип лесорастительных условий (тип местоположений); г) описание высотной поясности (описание расти-

тельности расположенной на определенной высоте); д) группа типов лесорастительных условий (эдафический комплекс).

Под лесорастительным районированием по Б.П. Колесникову следует понимать следующее: «дифференциация территории осуществляется на однородные по типологическому составу древесно-кустарникового покрова части территории, обусловленные причинно-следственными особенностями формирования последнего в силу биологических и физико-географических факторов, а также факторов его роста и развития». Данное определение имеет силу лишь в отношении конкретного лесорастительного района – как конечного звена дифференциации лесопокрытой площади.

Б.П. Колесников в своих трудах [44] весьма последовательно и обоснованно изложил методику предлагаемого районирования. Однако им же отмечается, что одновременно оценить и учесть всю совокупность природно-географических, а также экономических и производственно-хозяйственных факторов не представляется возможным в связи с их обильностью, разнородностью и несовместимостью. Поэтому задача районирования остается нерешенной и по сей день, и требует разработки подходов, позволяющих решить эту проблему.

Г.В. Крыловым было выполнено лесорастительное районирование лесов Сибири и Дальнего Востока [48]. Автором была изучена растительность регионов и сформулированы подходы проведения районирования, а также составлены карты-схемы районирования лесов Восточной и Западной Сибири и Дальнего Востока [53;49]. Помимо выделения зон и подзон, Г.В. Крылов выделил провинции, а в пределах последних округа и районы. Подход при дифференциации таксонов изложен в следующих определениях:

- 1) лесорастительной группой провинций называют территорию суши, где преобладает какая-либо из формаций, произошедшая из единого центра (например: темнохвойные, светлохвойные, мягколиственные или широколиственные и т.д.);

- 2) лесорастительной провинцией называют часть территории, где преобладает какая-либо одна формация и один класс типов леса;
- 3) лесорастительная подпровинция есть не что иное, как часть провинции, где преобладает один из классов типов леса, сформированных под влиянием одной из степеней континентальности климата, а также генетической или эдафической однородностью.
- 4) лесорастительный округ - это часть территории провинции, где преобладает лесная растительность, однородная по группам типов леса или площадям, на которых может быть выращена древесно-кустарниковая растительность, имеющая единый уровень зимостойкости, устойчивости к засолению и засухе.
- 5) лесорастительным районом называют часть территории округа, образованная урочищами со схожими типами леса, закономерно сменяющихся в разрезе схожих геоморфологических элементов, либо относящихся к бассейну одной из рек [105].

Рядом других авторов выделяются следующие таксономические единицы: «регион – область - округ – район». Г.В. Крыловым дается следующее определение лесорастительному районированию: «Лесорастительное районирование – дифференциация территории на идентичные по зонально-типологическому и породному составу части, сформированные под влиянием геоисторических причин, современного состояния климата и рельефа».

Как отмечает С.Ф. Курнаев [57] принципы районирования, предложенные Г.В. Крыловым, являются приемлемыми лишь в отношении конкретных районов, так как не каждый район представлен зонально-типологическим составом (заболоченные пространства Западной Сибири, леса Мещеры, Белорусского Полесья и пр.).

Г.В. Крыловым были обобщены результаты работ по районированию территории Сибири, выполненные рядом других авторов. В итоге им было выполнено цельное районирование территории Сибири. Её он разделил на четыре группы лесорастительных провинций: Дальний Восток, Восточную

Сибирь, Среднюю Сибирь и Западную Сибирь. В состав групп вошли шестнадцать провинций и двадцать девять подпровинций. Он отмечает, что научная и производственная деятельность должна осуществляться с учетом характеристики лесов по лесным районам в соответствии принципами лесорастительного районирования [51].

В.Б. Сочавой [85] были изучены ландшафты и сопутствующая им растительности на территории различных природных зон СССР. Им был совершен ряд экспедиций в Китай, Румынию, Молдавию, Чехословакию, Карпаты, Кавказ, Урал, Дальний Восток, Сибирь и Крайний Север, а также ряд других районов. В ряде публикаций им были приведены бесценные сведения о растительности ранее не изученных районов (бассейн реки Анадырь, Северный Сихотэ-Алинь, Пенжина и пр.). Он занимался изучением кормовой базы северного оленя в тундровой зоне, а также изучением взаимоотношений между растительностью лесов и тундры. Вследствие этого он предложил схему дифференциации растительности, опирающуюся на генетическую и эколого-географическую основы. В.Б. Сочавой предложено называть объекты, исследуемые физической географией - геосистемами. Данная формулировка позволяет охарактеризовать всю иерархию ряда географических единств природы – от географической оболочки до ее структурных единиц [83]. Под районированием В.Б. Сочавой понимается следующее: «...это классификация территории, посредством которой удастся познать её разнообразие и привести хозяйство на ней в определенный порядок».

А.Е. Рябчинский [81] отмечает, что лесорастительное районирование не учитывает экономические факторы, направленные на рациональное использование, охрану, защиту и воспроизводство лесов, а также на повышение их продуктивности и культуры ведения лесного хозяйства. Оно лишь отражает экологическую составляющую природы леса, помогает при решении вопросов подбора породного состава при воспроизводстве лесных насаждений. С целью преодоления однородности лесорастительного районирования проводится экономическое районирование, именуемое иначе - лесохозяй-

ственным. Также им отмечается, что районирование территории республики Башкирия выполнено несколькими методами: методом наложения карт отдельных видов районирования и методом учета ведущих факторов.

В настоящее время общепринятым видом районирования является лесорастительное районирование, выполненное С.Ф. Курнаевым для территории бывшего СССР. С.Ф. Курнаев дает следующее определение лесорастительному районированию: «...это дифференциация территории по характеру древесной растительности и условиям ее существования». Его мнение заключается в том, что районирование территории лесного фонда страны, должно быть выполнено на основании двух главных компонент: а) характеру лесной растительности; б) условиям окружающей среды. Остальные элементы биогеоценоза являются производными от преобладающей древесной растительности и условий ее существования [56]. Он отмечает, что нет необходимости в учете остальных компонентов, участвующих в формировании лесной среды, так это бы весьма сильно усложнило бы задачу районирования. Районирование по С.Ф. Курнаеву было выполнено методом наложения изолиний, что в действительности сильно осложняет задачу использования большого числа переменных.

На основе многолетних комплексных исследований С.А. Генсируком с соавторами [14] была продемонстрирована эволюция лесов и лесистости Украины. Внимание акцентировано развитию лесного хозяйства и лесоводственной науки, лесной типологии и лесорастительным условиям. Исследователями отмечается, что проблема лесного районирования должна быть решена с учетом комплекса факторов, а именно: производственно-хозяйственных, физико-географических и ботанических районирований территории, а также хозяйственной специализации субъекта. Посредством комплексного лесного районирования должны быть решены задачи главного назначения лесов при территориальной дифференциации, установлении научно-обоснованного вектора хозяйства, оценки ресурсного потенциала и пр.

В своих исследованиях С.А. Генсирук опирался прежде всего на следующее: 1) теоретические принципы районирования с учетом исторических и экономических условий Украины (лесистости, особенностями лесов и лесовосстановления, плотности населения, степени развития дорожно-транспортной сети и пр.); 2) положения лесного хозяйства в экономике; 3) необходимости составления научно-обоснованных прогнозов продуктивности насаждений и потребления ресурсов при лесопользовании; 4) сохранение полезных функций лесов; 5) решение вопросов, связанных с интенсификацией лесопользования, разработал схему и карту районирования, включающую сорок два лесохозяйственных округа. Также им была предложена система лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение производительности лесного хозяйства, охрану, защиту и воспроизводство лесов.

Б.И. Иваненко [29] было дано следующее определение лесорастительному районированию: «...это дифференциация территории на единицы, отличные друг от друга по комплексу природных условий, влияющих на произрастание древесной растительности: рельефом, геоморфологическим строением, климатическими и почвенными условиями, породным составом насаждений, производительностью пород и наличием определенных типов леса и типов условий местопроизрастания».

Л.В. Столярчуком [86] было разработано лесопожарное районирование лесов Иркутской области, для последующего использования результатов районирования при тушении лесных пожаров осадками вызванными искусственным образом. На территории области было выделено пять районов: Тунгусский, Приангарский, Лесостепной, Прибайкальский и Момско-Бодайбинский. Границы выделенных районов в большей степени согласуются с лесорастительным, ландшафтным и климатическим видами районирования.

Г.Ф. Горбачевым [19] отмечается, что проблема организации лесохозяйственного производства имеет тесную взаимосвязь с лесохозяйственным районированием. Разработка удовлетворительной схемы районирования поз-

волит органам управления лесным хозяйством более эффективно решать многие производственные задачи, такие как: а) определение областному органу управления объемов годового производства; б) определение материально-денежных затрат на данное производство; в) определение объемов работ при лесовосстановлении; укрупнение и разделение лесхозов и пр. При рассмотрении экономического районирования, автором отмечается, что, намечая границы районов, происходит нарушение живых взаимосвязей соседних местностей. Любая сетка экономических районов грешит этим. В действительности же разрыв экономических связей по границам районов отсутствует. В случае лесохозяйственного районирования предлагается разделить территорию страны на районы в зависимости от степени развития производительных сил в данных районах, которые представлены следующими компонентами: 1) предметы труда; 2) средства труда; 3) рабочая сила – человек. Особое место Г.Ф. Горбачевым отводится дорожно-транспортной сети и количеству лесов, приходящихся на сельского жителя района. По представленным автором данным последний показатель широко варьирует в рамках территории страны. В связи с чем именно этот показатель использован им в качестве основного при районировании.

П.Н. Львовым и Л.Ф. Ипатовым [61] предложено использовать географическую основу в лесной типологии в связи с тем, что характер леса, видовой состав лесной растительности, её морфология, а также количественные и качественные показатели определяются, прежде всего, почвенно-гидрологическими и климатическими показателями, сопутствующими определенной территории. Путем многочисленных примеров авторами были продемонстрированы закономерности в изменении основных таксационных показателей древостоев по мере продвижения с севера на юг.

А.В. Письмеровым [74] при районировании Костромской области было выделено пять лесорастительных районов: 1) еловые леса северной части Галичско-Чухломской возвышенности; 2) сосновые леса Унженской низменности; 3) сосново-еловые леса юга Галичско-Чухломской возвышенности; 4)

елово-сосновые леса Ветлужской низменности; 5) пихтово-еловые леса южных отрогов Северных Увалов. Границы лесных районов имеют высокую схожесть с границами ландшафтно-геоморфологических комплексов.

А.С. Тихоновым [91] была составлена характеристика Брянского лесного массива в разрезе хозяйственных групп и типов леса. Им выполнено сравнительное описание типов леса и составлен обзор типов леса, описанных учеными лесоводами в Брянском лесном массиве на примере опытных лесничеств. Дана характеристика тридцати коренных типов леса, а также эталонных насаждений в ельниках, черноольшанниках, дубняках, ясеневниках, березняках и сосняках.

Д.М. Киреевым [36] выполнена объемная работа в области морфологического ландшафтоведения, единицами изучения которого выступают природными территориальными комплексами (ПТК) – территориально обособленные и исторически сложившиеся единства взаимосвязанных компонентов природы: земной коры, воды, атмосферы, флоры и фауны. В работе рассматривается территориальная структура лесов болотных, горных, денудационных и аккумулятивных ПТК. При оценке земель им использованы методы фитоиндикации, а после дистанционные методы исследования ландшафтов. Использование дистанционных методов позволило удостовериться в существовании ПТК. По материалам ДЗЗ (аэро- и космоснимки) удалось воочию разглядеть границы ПТК и их природные рубежи. В завершении были представлены ландшафтно-морфологические карты, которые могут послужить научной основой для последующих многолетних хозяйственных и производственных мероприятий на данной территории, а также основой мониторинга состояния лесов и лесных земель при их использовании.

Ю.И. Перепечина [72] выполнила районирование лесов Курганской области. В результате чего было выделено пять хозяйственно-лесорастительных районов. За основу были взяты различия по следующим показателям: 1) лесистость территории; 2) тип почвы; 3) орографические условия; 4) тип леса; 5) лесорастительные условия; 6) породный состав

насаждений; 7) характеристика подроста, подлеска и живого напочвенного покрова. Следует отметить, что количественных критериев по рассматриваемым показателям не приводится, а границы районов были получены методом наложения карт. При всем этом картографических материалов с нанесенными изолиниями факторов не приводится. Помимо этого, автором изначально были выделены районы на основании выше указанных факторов, а затем приводится математическое обоснование их выделения, в содержании которого присутствуют недопустимые методические ошибки. Природно-климатические и другие факторы, используемые в анализе, не нашли своего отражения при математическом обосновании. Вместо них в расчёты включены следующие показатели: класс бонитета, запас на один гектар, относительная полнота, породный состав насаждения и, что является недопустимым это порядковые номера ранее выделенных районов. В расчетах не использована факторизация переменными, а, следовательно, не устранено явление мультиколлинеарности, что в итоге искажает результат классификации. При кластеризации объектов была использована агломеративная (объединяющая) стратегия иерархической кластеризации, что не даёт достоверного соотнесения объектов к действительным классам. Вышеуказанное дает основание, указать на ошибочные заключения при выполнении районирования территории так как при его выполнении были допущены серьезные научно-методические ошибки.

А.В. Туюненом [94] на примере зеленой зоны г. Петрозаводска была рассмотрена методика районирования, опирающаяся на ландшафтные методы с целью его последующего применения при организации многоцелевого лесопользования и оценке биоресурсного потенциала территории. Им предложены рекомендации по ведению лесного хозяйства на принципах ландшафтно-экологического планирования.

За границей в основу классификации лесов легла теория, предложенная А.К. Каяндером [34], о лесной типологии, в основу которой положено представление о биологической равнозначности местообитаний. Типы леса по

А.К. Каяндеру сопоставимы с типами лесорастительных условий, экологические режимы которых определяются напочвенным покровом без учета лесобразующей породы. Известные за рубежом подходы к типологии определяются либо экологической, либо фитоценотической (экосистемной) основами. Суть первой заключается в использовании почвенных условий при составлении схем классификации, суть второй в определении признаков взаимосвязи между растительностью и средой. Иначе говоря, все многообразие подходов типологии леса можно рассмотреть, как типологию растительных условий и типов леса. Концепция типов леса в большей степени зарекомендовала себя в странах с малонарушенными лесными территориями (Швеция, Канада, Финляндия). Страны, имеющие меньшую лесистость, отдают предпочтение типологии мест обитания.

Напочвенный покров по А.К. Каяндеру является основным признаком при идентификации типа леса. В Канаде и Финляндии по качеству почв и растениям индикаторам определяется бонитета насаждения (типология А.К. Каяндера).

Начиная с семидесятых годов прошлого века впервые появились предложения по использованию математико-статистических методов при решении задач районирования территории [21, 1]. Пионером в разрешении задач лесохозяйственного районирования дальневосточных лесов является А.С. Шейнгауз [111, 112].

А.С. Шейнгауз и А.А. Дорофеева отмечают, что проблемы природопользования как проблемы экологические сопоставимы с проблемами экономическими [110] и указывают на появление технической возможности осуществления комплекса математических расчетов, с помощью которых можно было бы учесть как можно больший перечень показателей, характеризующих таксономические единицы классификации (районирования).

Исследования по вопросам районирования, связанные с использованием современных методов обработки данных, стали появляться

сравнительно недавно. О.В. Дробушевская и В.Г. Царегородцев [23] применили кластерный анализ при районировании лесов Сибири по данным о климате и растительности. Вследствие этого на данной территории ими было выделено четыре географо-климатических кластера светлохвойных травяных лесов (подтайги). Ими определены наиболее значимые климатические факторы, определяющие границу между кластерами. Также в работе была отражена общность внутри кластеров и различия между ними с учетом состава лесообразующих пород.

У.Ж. Токи [92], отметил необходимость совершенствования ГИС-технологий с целью создания электронных карт лесного фонда.

J.L. Beverly [123] и др. канадские ученые используя Интернет создали карту лесных ландшафтов разных типов ценности (экономическая, рекреационная, научная и пр.). Анализ данных карт показал, что самая тесная группировка ландшафтов имеет прямую связь со средней плотностью дорожно-транспортной сети и обратную – со средним расстоянием до водоема. Данное замечание указывает на необходимость учета нелесных земель при районировании лесных территорий.

С.Х. Лямеборшаем и В.К. Хлюстовым [62] отмечается, что Россия обладает огромными площадями лесов, и не самыми большими запасами доступной для эксплуатации древесины. Нет четкой взаимосвязи между объемами лесных ресурсов и их экономической доступностью. В связи с этим, для повышения эффективности лесопользования в сложившихся обстоятельствах необходимо прежде всего разработать научно-обоснованное комплексное лесное и экономическое районирование территории лесного фонда России с оценкой ресурсно-экологического потенциала каждого лесного района. Однако до сих пор Рослесхоз не использует научно обоснованную методику комплексного ресурсно-экологического лесного районирования, разработанную под руководством В.К. Хлюстова [103, 105, 105<sup>a</sup>, 105<sup>b</sup>, 105<sup>b</sup>], которая основанна на примении многомерных

классификационных методов факторного, кластерного и дискриминантного анализов.

Д.И. Назимовой [68] отмечается, что бореальные леса Сибири до сих пор не могут быть обобщенно классифицированы в связи с отсутствием общепринятой системы таксономических единиц, слабой изученности рядов возрастной и восстановительной динамики насаждений, а также необходимых количественных параметров, определяющих структуру, функционирование и взаимодействие лесных биогеоценозов. Регионально-типологический подход на сегодняшний момент остается ведущим. Анализ различий и сходства общепринятых на данном этапе таксонов регионального уровня возможен при использовании разнообразных методов ординации.

В научном отчете Дальневосточного НИИ лесного хозяйства: «Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования» [37] отмечается, что лесохозяйственные районы Дальнего Востока, выделенные в далеком 1980 г. являются приемлемыми, но требуют актуализации. Имеется острая необходимость в разработке новой методической основы комплексного лесохозяйственно-лесорастительного районирования, основанного на достигнутом современном уровне оценок экологической и хозяйственной роли лесов. Целесообразным следует считать дифференциацию лесов субъектов Дальневосточного федерального округа на лесохозяйственные районы с использованием бассейновой основы и увязки с административным делением.

В статье «Неучет дороже денег» [104], рассматриваются проблемы проведения всестороннего учета лесных ресурсов. Автор отмечает, что целесообразно исправить сложившуюся ситуацию в области районирования лесов, в связи с тем, что утвержденная приказом МПР России от 28 марта 2007 г. № 68 схема районирования не имеет должной доказательной основы вследствие чего она должна быть пересмотрена. Указано на необходимость в разработке принципиально нового комплексного лесного районирования территории Российской Федерации. Предложено создать трехуровневую

систему районирования, а именно: 1) Лесное районирование на уровне страны; 2) Лесное районирование на уровне Федерального округа; 3) Лесное районирование на уровне субъекта РФ. Указано, что только основываясь на однородности (типичности) лесных районов может быть успешно решена проблема государственной инвентаризации лесов, задача мониторинга состояния лесов, а также ряд других задач лесного хозяйства.

В результате анализа научных публикаций по вопросам районирования, необходимо отметить следующее:

1) проблема районирования остается до сих пор открытой, требующей своего решения;

2) большинством авторов отмечается актуальность комплексного подхода при решении данного вопроса;

3) отсутствует единый принцип районирования;

4) по-разному понимается сущность районирования.

## 1.2. Международный опыт выборочной инвентаризации лесов

Статистически достоверное районирование лесов должно явиться основой при выполнении работ по государственной инвентаризации лесов.

Е.С. Вдовиным отмечается, что совершенствование методов учета лесных ресурсов является одним из определенных условий успешного решения задач устойчивого развития лесного хозяйства, повышения продуктивности лесов и их рационального использования [9].

Общеизвестно, что методы сплошной инвентаризации лесов являются весьма затратными и при необходимости экономии времени и средств может проводиться выборочная таксация леса. В этом случае лес как объект статистического анализа должен рассматриваться в системе многомерных взаимосвязей качественных и количественных показателей, определяющих результат выборочной инвентаризации насаждений.

Выборочная инвентаризация лесов подразумевает использование знаний о закономерностях роста и развития леса, а также использование методов математической статистики.

При выборочной инвентаризации лесов отбирается ограниченное количество единиц совокупности для получения достоверной её оценки при заданной точности. Как правило единицами совокупности объектов при инвентаризации выступают круговые реласкопические площадки, закладываемые на территории объекта в соответствии с требованиями математической статистики. Объектами могут выступать также ленточные пробные площади, располагающиеся по ходовым линиям на условном расстоянии.

Исходя из целей изучения лесного фонда, пробные площади могут иметь разную временную характеристику. Постоянные пробные площади закладываются для изучения естественной динамики таксационных показателей или под воздействием каких-либо мероприятий. Временные пробы закладываются для выявления статического состояния лесных ресурсов.

Теоретической основой выборочной инвентаризации выступают законы теории вероятностей и математической статистики. Каждое наблюдение выступает единицей с определенной степенью отклонения от средней, а также с одинаковой вероятностью попадания в выборочную совокупность. В данном случае справедливо утверждение, что ошибка определения средней величины, уменьшается обратно пропорционально корню квадратному из числа наблюдений. Данное замечание согласуется с теоремой П.Л. Чебышева и именуется как - «закон больших чисел».

При оценке выборок весьма эффективными инструментами оценки является ряд теорем, описывающих законы и параметры выборочных распределений случайных величин. Оценка таксационных показателей насаждений позволяет сопоставить расчетные показатели, измеряемые на пробных площадях, с параметрами генеральной совокупности.

Выборочная совокупность должна быть репрезентативной и в полной мере характеризовать генеральную совокупность. При решении задач выборочной инвентаризации лесов математико-статистическими методами должны быть получены ответы на два вопроса, а именно:

1. Какова точность, получаемых результатов?
2. Каковы затраты на проведение работ?

Эти вопросы являются основными при выборе методов таксации и определении объема инвентаризационных работ. В свою очередь для проведения выборочной инвентаризации лесов необходимы технически приемлемые, экономически эффективные и теоретически обоснованные способы организации единиц выборки. Организация выборки может быть осуществлена следующей разновидностью способов:

- случайным;
- систематическим;
- типическим;
- комбинированным.

Теоретической основой случайной выборки является аксиома равной вероятности попадания отдельного респондента в выборку, что само собой является наилучшим обоснованием ее применения. Однако учитывая неоднородность объектов в генеральной совокупности данный вид выборки является затруднительным и с практической точки зрения не всегда целесообразным. В отношении однородной выборки объектов инвентаризации данный вид выборки является вполне приемлемым.

Систематическая выборка в настоящее время является наиболее применяемой в практике инвентаризаций. Данный вид выборки, по мнению большинства авторов, является статистически упорядоченным и характеризуется более точной репрезентативностью средних значений рассматриваемой совокупности. В отношении данного вида выборки применяется аналогичная теория оценки ошибок, что и для случайной выборки.

Типическая выборка осуществляется по определенному заранее принципу отбора наблюдений, который рассматривается на основании субъективных суждений. При использовании данного вида выборки во многом сокращаются объемы работ по инвентаризации. Однако, как указывает Е.С. Вдовин, данная выборка не имеет научной основы и метода определения точности оценок, что в итоге приводит к смещениям, параметры которых трудно установить.

Стратифицированная выборка подразумевает под собой дифференциацию массива данных на основе некоторой первичной информации об объекте исследования. Генеральную совокупность объектов первым делом дробят на определенное число частей по какому-либо признаку таким образом, чтобы внутренняя изменчивость внутри страт, была меньше внешней. Данный процесс называют стратификацией или расслоением. Чем больше разнородность между стратами, тем большего успеха добьется исследователь [71].

Комбинированная выборка представляет собой сочетание вышеуказанных видов выборок.

Необходимо отметить, что на практике получил распространение вид выборки, именуемой «гнездовой». Как правило, при таком виде выборки субъективно определяются группы объектов под инвентаризацию, что само по себе уже не является достоверным, так как отсекаются объекты генеральной совокупности, имеющие равную вероятность попадания в выборку. Однако этот вид выборки является более экономичным в связи с уменьшением непроизводительных затрат.

В отдельных случаях выборка осуществляется в несколько этапов, где на первом шаге случайным образом или систематически отбираются группы объектов, а на втором в пределах данных групп, производится подвыборка. В данном случае ошибка определения показателей возрастает. Однако данный вид выборки может являться более целесообразным с позиции простоты организации и снижения стоимости проведения работ.

Имеется ряд других подходов к организации выборки, например, в пределах стратифицированной выборки может быть осуществлен отбор наблюдений с использованием серийной или двойной выборки. Двойная выборка представляет собой выборку, осуществляемую в несколько фаз. Двойная выборка (многофазная) в сочетании с регрессионными оценками, весьма часто применяется при дешифровочной и непрерывной инвентаризациях в ряде стран. Любая выборка обуславливается степенью изученности объекта инвентаризации и его состоянием, а также вопросами организационного порядка. Таким образом, при сравнимых условиях должна быть использована технологически приемлемая, экономически эффективная и теоретически обоснованная выборочная схема, обеспечивающая наиболее точные результаты при фиксированных затратах на её реализацию [98].

Выборочная инвентаризация лесов статистическим методом впервые была применена в 1919-1923 гг. в Швеции и Финляндии [9]. В данных странах, на территории лесного фонда прорубали визиры, в Финляндии через 5-20 км с юго-запада на северо-восток, а в Швеции через 2-4 км поперек основных рек и водоразделов.

В странах Европы выборочная инвентаризация лесов носит название – Национальной инвентаризации.

Организация размещения и формы пробных площадей претерпевала изменения на протяжении десятилетий. Вначале пробные площади располагали вдоль профилей. С 1960-х годов внедряется групповое размещение проб, а обследования проводят в регионах последовательно. Начиная с 2004г. в Финляндии обследование групп пробных площадей начинает проводиться в рамках всей страны одновременно. Также в данный период происходит значительное сокращение цикла проведения работ с 8-10 лет до 5-ти. Инвентаризация лесов в Финляндии основана на статистической выборке. Часть пробных площадей является постоянными, призванными изучать динамику таксационных показателей насаждений. При закладке пробной площади измерению подлежат порядка 150-ти показателей.

Основным информационным сопровождением при инвентаризации выступают материалы лесоустройства, космические снимки (спутники Landsat TM and ETM+, Sentinel-2), цифровые карты и цифровая карта рельефа.

Данные, получаемые при закладке пробных площадей, используются с целью долгосрочного планирования и мониторинга изменения характеристик лесного фонда на уровне страны. В отдельных случаях, исходя из экономической составляющей, закладка пробных площадей может осуществляться с меньшей точностью (без применения инструментальной таксации), так как данный подход является менее затратным и более эффективным с позиций принятия оперативных решений в области хозяйственного планирования.

В Швеции и Финляндии применяются две системы учета лесов. Система лесоустройства применяется на уровне предприятий (частными и государственными органами), а система национальной инвентаризации осуществляется непосредственно государственными органами [128].

Основной задачей лесоустройства является надежная организация территории лесного фонда для учета лесных ресурсов и ведения лесного хозяйства. В разных странах по-разному подходят к организации территории лес-

ного фонда. В Швеции, например, отсутствует квартальная сеть так как местность является в высокой степени, расчлененной дорогами, реками и пр. естественными рубежами. Инвентаризация в Швеции проводится в случае, если территория лесного фонда, принадлежащая лесному предприятию или частному лесовладельцу, составляет по площади не менее 20 га. В этой стране инвентаризация лесов выборочными методами и лесоустройство проводятся непрерывно с 1923 года в независимости от их функционального и целевого назначения.

Необходимо отметить, что при выборочной инвентаризации лесов в Швеции широко используются материалы космических и аэрофотосъемок [127].

Государственная инвентаризация лесов в Швеции в значительной степени отличается от российской системы её проведения. Главное отличие заключается в том, что в России инвентаризация лесов опирается на материалы лесоустройства, а в Швеции расположение пробных площадей осуществляется на основании регулярной сети объектов. Следует заметить, что данный подход в действительности имеет некую обоснованность, однако рассматриваться он должен в рамках конкретной территории. В рамках нашей страны создание такой сети объектов весьма затруднительно и крайне дорого.

В странах Западной Европы выборочная инвентаризация наибольшее развитие получила во Франции и Австрии.

Во Франции государственная инвентаризация лесов проводится с 1960-го года. Целью ее проведения является получение оперативной информации о лесном фонде и его динамике, а также об объемах лесопользования. Во Франции успешно применяется опыт скандинавских стран, однако он подвергся некоторым изменениям, так как на территории лесного фонда страны наблюдается большее разнообразие лесорастительных условий и породного состава насаждений. При инвентаризации в широких масштабах используются аэрофотоматериалы черно-белой и ИК-съемки [21].

Во Франции инвентаризация лесов производится сочетанием измерения таксационных показателей насаждений с последующим определением их

в натуре при выборочной закладке пробных площадей. Размер и число статистических пробных площадок различаются, т.к. учету подлежат объекты различной площади. На площадках осуществляется сплошной пересчет по ступеням толщины с определением следующих таксационных показателей: высота, диаметр, длина деловой части ствола, описание подроста, подлеска, живого напочвенного покрова, типа леса, почвы, породного состава, возрастной структуры [64].

В Германии государственная инвентаризация лесов по стране в целом проводится с 1961 года. Методика была разработана Г. Гроссманом.

Инвентаризация лесного фонда на территории Германии проводится ежегодно. При размещении площадок стремятся к равномерному их распределению по площади. При этом используют сеть квадратов разного размера. В углах этих квадратов располагаются круговые пробные площадки. Расстояние между ними варьирует от 700 до 6000 м. Пробные площади закладываются временные и постоянные. Постоянные пробные площади служат в качестве основных для учета динамики таксационных показателей насаждений.

Временные пробные площади подвергаются в последующие годы смещению на 100 метров, однако спустя 11 лет осуществляется их возвращение на прежнее место.

Пробная площадь представляет собой три концентрических круга, первый из которых имеет радиус 2,82 м. (учет производится в отношении деревьев с диаметром до 4,9 см общим количеством, а с 5 см по 14,9 см производится учет каждого дерева), второй круг имеет радиус 5,64 м (при таком размере пробной площади пересчет деревьев осуществляется от 15 см до 24,9 см) и третий круг имеет радиус 12,62 м (при таком размере пробной площади учитываются деревья с диаметром более 25 см).

Из измеряемых показателей учету подлежат древесные породы, их диаметры, полнота древостоя, возраст, тип леса, почвенно-типологическая группа, число сухостойных деревьев и пней, проведенные мероприятия и дорожно-транспортная сеть.

В Италии выборочная инвентаризация является трехфазной и осуществляется на основании сети точек, где точка представлена 1-м квадратным километром земель. Точки покрывают всю территорию страны, а определение мест обследований осуществляется случайным образом.

В Канаде и США проводятся крупномасштабные региональные и национальные непрерывные инвентаризации лесов, основной целью которых является выявление количественных и качественных характеристик лесов, а также изучение динамики таксационных показателей вследствие хозяйственной деятельности.

Организация выборки осуществляется посредством стратификации случайной, регрессионной и многоступенчатой выборки. Стратифицированная выборка используется чаще всего, причем стратификация осуществляется при наличии материалов дистанционного зондирования. Наиболее применяемым способом организации выборки в США является так называемый SPR-отбор, суть которого заключается в частичном использовании ранее закладываемых площадок в качестве постоянных пробных площадей, на которых осуществляют повторные измерения, а другая часть площадок заменяется, и носит статус временных пробных площадей. На постоянных пробных площадях отслеживается текущее изменение запаса, а на временных определяются количественные и качественные характеристики.

Ч.К. Ван Сикклом, выполнено описание региональных систем лесоинвентаризации в США. Он отмечает, что в ряде регионов осуществляется в основном двойной стратифицированный отбор, при котором на первом этапе осуществляется стратификация лесных массивов по материалам ДЗЗ, а на втором этапе проводится стратификация в пределах, образованных на первом этапе страт. Наземные площадки служат для измерения таксационных показателей насаждений, а материалы дистанционного зондирования позволяют определить площадные характеристики.

В южной части США на площади в 1,6 млн. га применяется схема ЗР-отбора, при котором схема отбора площадок и модельных деревьев осу-

ществляется с вероятностью пропорциональной предсказанию (вероятность попадания в выборку отдельной единицы совокупности, пропорциональна предварительной её оценке). Как отмечает Дж. Боннар, эффективность при ЗР-отборе отдельных деревьев оказывается выше, нежели эффективность при отборе площадок.

Для оценки биомассы в восточной части штата Кентукки выполнено размещение сети пробных площадей. Проектом национальной инвентаризации предусмотрено ежегодное обследование этих площадей. Необходимо отметить, что пробные площади охватывают весь диапазон разнообразных ландшафтов обследуемой местности. Пробная площадь представлена 4-мя подплощадками размером 1/24 акра, используемых для непосредственных измерений таксационных показателей деревьев толщиной от 5-ти дюймов и более. На каждой такой подплощадке имеются микроплощадки площадью 1/300 акра, целью размещения которых является учёт состояния подроста [124].

В Японии независимо друг от друга действуют две системы для получения информации о лесах страны. Первая аналогична лесоустройству, она занимается лесным планированием, созданием лесного реестра и картографических материалов лесного фонда, а вторая аналогична выборочной инвентаризации. Служба выборочной инвентаризации занимается вопросами мониторинга лесных ресурсов. Систематическая выборка мест закладки пробных площадей определяется использованием сети с четырехкилометровыми интервалами.

В развивающихся странах выборочная инвентаризация лесов успешно внедряется при поддержке ООН. Как отмечает А.Ю. Ярошенко, на развитие системы государственной инвентаризации лесов в отдельно взятой стране уходит порядка двух лет. Государственная инвентаризация лесов внедряется в Гватемале, Бангладеш, Гондурасе, Камеруне, Филиппинах, Ливане и Замбии.

На территории Коста-Рики и Бразилии государственная инвентаризация лесов внедрена и используется. Система инвентаризации лесов в Бразилии представлена следующими пятью компонентами:

- 1) координация действий по инвентаризации лесного фонда единым органом – «Бразильская служба леса»;
- 2) картография растительности, являющаяся основой инвентаризации;
- 3) сбор полевых материалов;
- 4) сбор сведений о ландшафтах по материалам космической съемки высокого разрешения на площадях размером 10 км<sup>2</sup>;
- 5) использование взаимосвязанных программных продуктов.

В Мексике начиная с 1956 года проводится непрерывная инвентаризация лесов, осуществляемая путем систематического отбора мест закладки постоянных пробных площадей. На площадях проводятся различные лесохозяйственные работы, что впоследствии при повторных измерениях позволяет судить о динамике таксационных показателей.

На Филиппинах национальная (выборочная) инвентаризация лесов осуществляется посредством двойной выборки. На первом этапе отбор производится путем дешифрирования, а на втором наземно. Расстояние между маршрутами пролёта составляет 15 км. Наземная таксация служит контролем проверки таксационных показателей, определенных при дешифрировании.

В Таиланде при инвентаризации лесов была применена методика инвентаризации, предложенная профессором Летчем. Изложенный им подход заключается в серийной (гнездовой) организации выборки.

Как отмечает А. Далека, в Иране в 1974 году проводилась выборочная инвентаризация прикаспийских лесов на площади в 3,4 млн. га. При ней была использована методика ЗР-отбора.

В Тасмании (территория Австралии) инвентаризация проводится по системе SPR-отбора на общей площади в 2,86 млн. га по стратам, выделяемым на основании материалов аэрофотосъемки. Инвентаризация повторяется каждое десятилетие.

В Австралии при инвентаризации используют пакет программ FPS-SIM, предназначенный для обработки данных, получаемых при выборочной инвентаризации. Расчёт производится на участках общей площадью 1000 га,

которые в свою очередь делятся на 36 квадратов, площадь которых составляет 27,8 га [125].

В Венесуэле при проведении выборочной инвентаризации лесов было установлено, что оптимальная площадь проб для определения запасов с требуемой точностью должна составлять от 0,2 до 0,25 га.

В Индонезии выборочная инвентаризация лесов проводится на основе двухэтапной выборки. На первом этапе используется выборка по материалам ДЗЗ (формирование фотопроб), на втором осуществляется случайная подвыборка части фотопроб для их натурного обследования [98].

И. Клементом отмечается, что инвентаризация в тропических лесах Конго, Гвианы и пр. проводится только в доступных районах с целью оценки запасов древесных пород, имеющих коммерческую ценность.

В Советском Союзе изучением вопросов выборочной инвентаризации лесов начали заниматься еще в 1925 г. В Ленинградской области была проведена крупномасштабная выборочная инвентаризация на общей площади 241 тыс. га. В период с 1928-1932 гг. аналогичным способом были инвентаризированы леса Кольского полуострова, а точнее в бассейнах рек Ангары, Печоры и Мезени на общей площади 50 млн. га [9].

Визеры при обследовании прорубались через различные расстояния в пределах 4-х – 24-х км. По прорубленным визирам осуществлялась глазомерная и измерительная таксация по выделам. Единицами учета выступали отрезки визиров, имеющие длину от 2-х до 4-х км.

На отрезках осуществляли пересчет по лентам, имеющим ширину в десять метров, а по концам отрезков, располагали пробные площади размером от 10 x 100 м с целью сплошной рубки и анализа стволов модельных деревьев.

Участки таксации стратифицировались по преобладающей породе, по группам возраста и трем группам классов бонитета (1-2; 2-4; 5-5а). Глазомерно определялись полнота древостоя, его состав, средние значения высот и диаметров. По стандартным таблицам определялся запас.

Способ учёта лесов статистическими методами не нашел широкого применения, а с 1933 года они были заменены аэровизуальными обследованиями [4].

Однако глазомерная таксация в России до сих пор является основным методом инвентаризации лесов. О необходимости внедрения методов выборочной инвентаризации указывалось в работах С.А. Богословского, В.П. Зиновьева (1932), А.И. Кондратьева (1935), Н.П. Курбатского (1937), Н.П. Анучина (1971), В.С. Чуенкова, А.Н. Федосимова (1965), В.В. Антанайтиса И.И. Кеставичуса, И.Н. Репшиса (1966), К.Е. Никитина (1966), Г.М. Кулакова (1971), А.А. Кулешиса (1971), П.В. Васильева, И.В. Воронина (1972) и др. [9].

В конце 60-х годов прошлого века в научных и производственных учреждениях ВНИИЛМ, ЛитСХА, УСХА и ВО Леспроект получила развитие методика стратификации при дешифрировании аэрофотоснимков, определения по ним возраста древостоев, породного состава и условий местопроизрастания (Антанайтис, Репшис, 1973; Федосимов, Анисочкин 1979). В 1968-1970 гг. по данной методике были устроены леса Литовской ССР на площади 1,5 млн. га, Киренского лесхоза Иркутской области на площади 4,3 млн. га, Бодайбинского и Манского лесхозов Якутии на площади 5,0 млн. га и других территориях [4].

В объектах лесоустройства учитывалась изменчивость запасов древесины на 1 га, а также площади таксационных выделов с целью определения необходимого числа проб для выборочной инвентаризации. Пробные площади в объекте работ подразделялись на три вида:

- постоянного радиуса или с постоянным числом стволов;
- круговые реласкопические площадки (с перечётом или без него);
- лены перечёта.

Места закладки проб помечались на АФС и закладывались группами. В процессе их закладки определялись следующие таксационные показатели: возраст, породный состав, высота, диаметр, класс бонитета, запас и средний

прирост деревьев. Материалы проб подлежали обработке и получены следующие сведения об объекте:

- распределение запасов по классам возраста, классам бонитета, преобладающим и составляющим породам;
- средние таксационные показатели древостоев по преобладающим породам и классам возраста;
- средний и текущий прирост запаса по породам и классам возраста;
- характер лесовозобновления на непокрытых лесом площадях.

Совместное использование выборочной инвентаризации, проводимой по рассматриваемой методике, с глазомерно-измерительным методом таксации повысило результаты инвентаризации и позволило с большей точностью решить хозяйственные и лесоэксплуатационные вопросы, а также осуществлять надзор за изменениями, происходящими в лесах.

Данный подход при инвентаризации является самостоятельным видом работ и обеспечивает органы лесного хозяйства необходимой информацией для разработки мероприятий по рациональному лесопользованию. Указанную инвентаризацию проводили, опираясь на следующие материалы:

- аналитического дешифрирования территории лесов по космо- и мелкомасштабным спектрзональным аэрофотоснимкам, покрывающим объект работ;
- аналитико-измерительного дешифрирования крупномасштабных аэрофотоснимков, в частности фотопроб (выделов), размещенных по территории в соответствии с законами математической статистики;
- натурного обследования на контрольных участках [7].

Наличие широкого диапазона методов учета лесов, в совокупности с методами математической статистики, а также применение современного оборудования, позволяют с высокой точностью решать вопросы о целесообразности, экономической эффективности при использовании различных методов в отношении отдельно взятого случая.

При инвентаризации малоизученных таежных и притундровых лесов северо-восточных и северных районов России был разработан и успешно внедрен в производство фотостатистический метод, базирующийся на визуальном дешифрировании спектрзональных космических снимков [33]. Данный метод используется в производстве с 1975 г. и успешно применяется вплоть до сегодняшнего дня.

В связи с реформами 2006 г. в лесном законодательстве России произошли серьезные изменения, и как показал опыт, изменения эти не принесли ничего хорошего. В Лесном кодексе Российской Федерации появилась абсолютно новая формулировка – «государственная инвентаризация лесов» (ГИЛ). Наиболее развитые в отношении лесной отрасли государства, с давних времен пользуются выборочными методами учета лесного фонда. В Советском союзе, а ныне на территории Российской Федерации во все времена была и остается актуальной совсем другая система учета лесных ресурсов – «лесоустройство». Именно благодаря системе лесоустроительных работ удалось произвести первичное освоение и изучение лесов с целью развития лесной промышленности. За годы первичного освоения выполнен колоссальный объем работ по прорубке просек и границ лесхозов, изучены с различной степенью детальности все леса нашего государства. Материал, полученный в процессе первичного освоения, до сих пор считается уникальнейшим. Но необходимо отметить, что такой способ учета является весьма дорогостоящим, и именно поэтому в последние двадцать лет сотрудниками лесных институтов и лесоустроительных предприятий осуществляется поиск наименее затратных и наиболее точных способов инвентаризации [46].

В соответствии с Лесным кодексом 2006 г. государственная инвентаризация лесов является основным информационным материалом, обеспечивающим управление в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, а также в области федерального государственного лесного надзора (лесной охраны) [60].

Государственная инвентаризация лесов проводится в целях:

- своевременного выявления и прогнозирования развития процессов, оказывающих негативное воздействие на леса;
- оценки эффективности мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов;
- информационного обеспечения управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, а также в области федерального государственного лесного надзора (лесной охраны) [60].

Образцом внедрения государственной инвентаризации лесов в России, послужила модель стран запада. В западных странах в действительности весьма успешно проводятся национальные инвентаризации, однако не следует забывать, что ни одна из стран мира не имеет таких колоссальных площадей лесов. Различный уровень развитости дорожно-транспортной сети является одним из наиболее важных факторов развития методов выборочной инвентаризации.

Большая часть лесов западных стран находится в аренде, что соответственно является ключевым фактором, предопределяющим выполнение лесоустроительных работ за счет арендаторов лесного фонда, а национальная инвентаризация лесов является дополнением к лесоустроительным работам и призвана обеспечить органы лесного хозяйства информацией о положительных и отрицательных изменениях, происходящих в лесах при ведении хозяйства. Данная двухуровневая система хозяйствования, была создана из-за невозможности консолидации разрозненных в пространстве и во времени материалов лесостроительства. Необходимо отметить, что национальная инвентаризация является независимой от вида собственности на леса и снабжает важной стратегической информацией в первую очередь государство, ориентированное на рациональное и высокопродуктивное лесопользование.

Территория Российской Федерации имеет свои характерные особенности в сравнении с территориями других стран. Изначально необходимо отметить, что заимствование методик проведения у других стран обречено на неудачу, в связи с большим разнообразием экономических, географических,

административных и инфраструктурных условий территорий, занятых лесами.

Важнейшими аспектами проведения выборочной инвентаризации лесов в России на наш взгляд являются:

- репрезентативность выборочной совокупности объектов, характеризующих собой генеральную совокупность при заданной точности;
- материальные затраты на проведение работ по выборочной инвентаризации лесов.

Главной особенностью проведения государственной инвентаризации лесов в России, является стратификация, опирающаяся на материалы лесоустройства, на что указывает Е.С. Вдовин в работе [9]. Автором критикуется данный подход, и предлагается проводить выборочную инвентаризацию, опираясь на регулярную сеть объектов ГИЛ, что как уже указывалось ранее не совсем подходит для, имеющих такое биоразнообразие и площадь, лесов нашей страны.

На лесном форуме Гринпис России, рассматриваются критические замечания в отношении статьи опубликованной В.И. Архиповым в журнале – «Лесной вестник» в 2002 г. [93]. В.И. Архиповым была предложена двухуровневая система лесоустроительных мероприятий. Концепция, изложенная им, легла в основу применяемых методических рекомендаций, однако некоторые положения были пересмотрены. В частности, стратификация на повыдельном уровне, которая должна изначально проводиться путем дешифрирования материалов ДЗЗ стала проводиться по материалам лесоустройства. В.И. Архипов предлагает подменить лесоустройство выборочной инвентаризацией, на что указывает справедливая критика читателей форума. Он указывает [121], что в результате работ при проведении ГИЛ с учетом концепции должны быть получены следующие материалы:

- 1) основные положения по ведению лесного хозяйства;
- 2) геоинформационная повыдельная база данных;
- 3) лесные карты (ортофотопланы);

- 4) государственный учет лесного фонда;
- 5) данные о разрешенных нормах лесопользования;
- 6) данные о среднем приросте (среднем изменении запасов);
- 7) данные об экологическом состоянии лесов;
- 8) анализ динамики лесного фонда.

Следует отметить, что ГИЛ не должна подменять собой лесоустройство никоим образом, так как именно лесоустройство является основой ведения хозяйства на повыведельном уровне, а материалы, получаемые при ГИЛ предназначены для других целей. Материалы ГИЛ должны обеспечивать органы лесного хозяйства информацией, согласующейся с целями инвентаризации, указанными в Лесном кодексе для принятия обоснованных стратегических решений в области управления лесами. Данное замечание также рассматривается Ю.И. Перепечиной с соавторами в статье – «Государственная инвентаризация лесов Российских лесов» [73].

Р.Ф. Трейфельдом [93] в статье под названием – «Государственная инвентаризация лесов. Кто виноват, что она такая?», дается весьма обоснованная критика применяемого подхода к инвентаризации в России. Автор указывает на то, что инвентаризация, применяемая в других странах и заимствованная с целью проведения её на территории нашей страны, служит для получения общей информации о лесах, так как большая часть площадей лесного фонда находится в частной собственности, что значительно усложняет процесс получения информации, необходимой для принятия стратегических решений в области лесопользования. Им отмечается, что затраты на проведение ГИЛ являются сопоставимыми затратам на лесоустройство, что уже является фактором, заставляющим задуматься о внедрении такой дорогостоящей процедуры, а схема организации выборки противоречит всем законам математической статистики, так как является направленной, а не случайной [93].

Выходная документация содержит в себе колоссальный объем информации, несогласующийся с принятыми формами отчетности Российской Федерации. Рассматривая отчеты ГИЛ, автор отмечает, что отчеты несут в себе

явно избыточную информацию. Тематическая структура отчета представлена 62-мя таблицами таксационных характеристик, из которых: 7 – по характеристике и состоянию почв, 7 – по экологии и биоразнообразию, 8 – по лесовозобновлению, 10 – по живому напочвенному покрову, 11 – по биомассе и углероду и 19 – по мертвой древесине. Исследование с такой дробностью лесов в нашей стране не имеет надобности, так как леса России по сравнению с лесами стран Евросоюза (откуда позаимствованы нововведения) отличаются весьма существенно с позиций техногенного и антропогенного воздействия.

С позиций точности определения основного таксационного показателя инвентаризаций – запаса сырораствующей древесины обследуемого объекта, Россия за период проведения ГИЛ с 2008 по 2013 гг. не укладывается в предъявляемые ФАО требования по точности инвентаризаций лесов  $\pm 10-20\%$  допустимых. Показатель для России по данным отчетности «Рослесинфорга»  $\pm 27-40\%$ , при официально утвержденных в «Методических указаниях по проведению государственной инвентаризации лесов»  $\pm 1-5\%$ .

Р.Ф. Трейфельд указывает на абсолютно различные подходы при стратификации. Он пишет, что элементарной единицей учета при национальной инвентаризации в других странах, является отдельно взятое дерево, а в России единицей учета выступает лесотаксационный выдел. Государственная инвентаризация лесов России требует предварительной стратификации лесов перед началом работ, в других странах выполняется так называемая – «пост-стратификация», суть которой заключается в стратификации только после выявления количественных и качественных характеристик на пробных площадях и распространении полученных результатов на всю генеральную совокупность площадей лесного фонда. И в принципе термин стратификация не совсем достоверно трактуется Российской стороной, так как в мировых национальных инвентаризациях, данный термин подразумевает дифференциацию территории объекта по эколого-географическому признаку. Например, в Канаде выделяется 15 страт – экологических зон, в Финляндии – 6, а в Швеции – 5 [93].

С.К. Фарбером и Н.В. Брюхановым приводится оценка возникновения случайных, систематических и грубых ошибок при проведении ГИЛ на примере Ковинского и Недокурского участковых лесничеств Кодинского лесничества Красноярского края. Случайными ошибками, авторы считают несовпадение величин таксационных показателей насаждений по выделам и пробных площадей, расположенных в их границах. Появление таких ошибок происходит вследствие неоднородности пространственной структуры насаждений. Систематические ошибки, возникают на этапе планирования мест закладки пробных площадей. В частности, подбираются наиболее доступные в транспортном отношении объекты. И третья группа ошибок - это грубые ошибки, возникающие при массовой таксации, например, когда место расположения ПП принадлежит к совершенно иной категории земель. Необходимо отметить, что авторы считают случайные и грубые ошибки не критичными при проведении государственной инвентаризации лесов, однако систематические ошибки, по их мнению, ведут к недопустимым погрешностям при оценке доли лесных формаций [96].

А.Н. Филипчуком и Б.Н. Моисеевым дается оценка результатов государственной инвентаризации лесов на примере Калужской области. Вместе с тем они отмечают, что расчет количества пробных площадей в рамках ГИЛ должен проводиться для конкретного лесного района, а именно района хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации, что предполагает расчет необходимого количества пробных площадей на уровне 23-х субъектов, включенных в данный район, в соответствии с принятой методикой. Однако отчет по проведению ГИЛ в Калужской области представлен в отношении только лесного фонда Калужской области, соответственно и расчет количества пробных площадей осуществлялся на уровне лесов субъекта. Авторы указывают на недостаточность количества пробных площадей, а также на недостоверность данных в отношении точности инвентаризации в связи с отсутствием в отчетной документации важнейших статистических показателей, необходимых для проверки качества отбо-

ра респондентов выборки. Данные о запасах на 1 га, представленные в отчете по государственной инвентаризации, являются завышенными в 2-3 раза, что в принципе не может быть правдоподобным, так как таких значений запаса никогда не наблюдалось на территории данного субъекта [99].

В.М. Жиринов и Н.В. Лукина рассматривают развитие системы инвентаризации лесов в России [25]. Они отмечают, что ГИЛ можно рассматривать как технически обновляемую систему рационального сочетания сплошного контурного дешифрирования данных дистанционного зондирования, а также оперативного учета актуальных изменений площадных характеристик лесов и выборочных детальней наблюдений.

В «Методических рекомендациях по проведению государственной инвентаризации лесов» утвержденных Приказом Рослесхоза от 10.11.2011 №472, представлен порядок расчета необходимого числа пробных площадей в объектах ГИЛ.

***Определение числа пробных площадей для лесного района осуществляется с учетом средней дисперсии по всем стратам, что является серьезным загромождением и приводит к уменьшению необходимого числа пробных площадей.***

Формула расчета дисперсии запасов при простой выборке, содержит поправку, учитывающую вес каждого выдела относительно средней площади выдела, что в итоге приводит к занижению значений дисперсии для выделов, площадь которых меньше площади среднего выдела, и завышению дисперсии в отношении выделов, площадь которых больше площади среднего выдела.

Дифференциация территории на доступную и труднодоступную приводит к нарушению статистически значимого условия отбора наблюдений, а именно принципа случайности или принципа системности (подходы утверждены в статистике). В данном случае наблюдается направленная выборка, которая является недопустимой, так как становится невозможным определение ошибок репрезентативности.

Принятая схема выборочной инвентаризации, опирающаяся на действующую схему районирования территории лесного фонда Российской Фе-

дерации, ведет к весьма продолжительному циклу проведения работ по инвентаризации, что является нежелательным.

Анализ источников указывает на актуальность решения проблемы государственной инвентаризации лесов в России. До сих пор не было предложено статистически достоверного решения по данному вопросу. Результаты, получаемые при использовании принятой методики, не отражают главного свойства выборочной совокупности – репрезентативности получаемых данных.

## 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ

### 2.1. Описание объектов инвентаризации

Объектом анализа при районировании лесных территорий выступают лесничества субъектов РФ Центрального федерального округа.

Центральный федеральный округ был образован 13 мая 2000 г. Указом Президента России № 849.

Округ представлен восемнадцатью субъектами: Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Ивановской, Калужской, Костромской, Курской, Липецкой, Московской, Орловской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тверской, Тульской, Ярославской областями и городом Москва.

Площадь Центрального федерального округа составляет 650205 км<sup>2</sup> или 3,8% от общей площади Российской Федерации.

В округе проживает порядка 39,3 млн. жителей. Около 80% являются городскими жителями. По плотности населения на единицу площади, округ превосходит все остальные, данный показатель составляет 57,2 чел./км<sup>2</sup>. Наименьшая плотность населения в Костромской – 13,2 чел./км<sup>2</sup> и Тверской – 19,3 чел./км<sup>2</sup> областях, а наибольшая в Москве и Московской области – 9571,6 чел./км<sup>2</sup> и 141,7 чел./км<sup>2</sup> соответственно.

Наиболее крупными городами ЦФО, являются: Москва, Воронеж, Ярославль, Тула, Иваново, Рязань, Курск и Тверь. Численность населения в других городах, не превышает 440 000 чел. Всего в состав ЦФО входит 300 городов.

С севера на юг территория ЦФО сменяется следующими природными зонами: таежной, смешанных и широколиственных лесов, лесостепной и степной. Большая часть территории расположена в бассейнах рек Дона и Волги.

В географическом отношении округ размещён на территории Восточно-Европейской равнины, на которой расположены Мещерская и Окско-

Донская низменности, Смоленско-Московская, Среднерусская и Валдайская возвышенности. Наивысшей отметкой местности является «Макушка Валдая», имеющая высоту над уровнем моря – 347 м.

Округ имеет внешние границы с Белоруссией на западе, с Украиной на юго-западе, а также внутренние: на севере с Северо-Западным, на востоке – Приволжским и на юге – Южным федеральными округами.

Крупнейшими реками, протекающими на территории округа, являются: Волга, Западная Двина, Днепр и Дон [16].

Климат округа – умеренно-континентальный, средняя температура самого теплого месяца (июля) от +16 до 22<sup>0</sup>С, самого холодного (января) от -7 до -14<sup>0</sup>С [1].

С позиций развития дорожно-транспортной инфраструктуры, регион занимает 1-е место. Общая протяженность железных дорог составляет 17 291 км и 117926 км – дорог с твердым покрытием (22,3% от общей протяженности по России).

Природные условия округа являются весьма благоприятными для сельскохозяйственной деятельности. В.В. Докучаевым отмечалось, что на юге округа сосредоточены черноземы («идеальная почва» или «царь почв») и общая их доля составляет порядка 80%.

Из биологических ресурсов необходимо выделить древесные запасы лесов. Доля лесопокрытой площади широко варьирует в зависимости от субъекта округа. В Костромской области лесистость составляет более 70%, в Орловской, Липецкой и Курской областях данный показатель колеблется в районе 7-8%.

Основная лесозаготовка с целью заготовки древесины осуществляется в основном в Тверской и Костромской областях. Леса других субъектов выполняют в большинстве своем экологические, природоохранные и санитарные функции. Общая площадь эксплуатационных лесов округа составляет – 9,6 млн. га, общий запас которых колеблется в пределах 1694 тыс. м<sup>3</sup>. Наибольший запас древесины расположен в лесах Костромской, Тверской,

Смоленской, Московской и Владимирской областей. Доля хвойных пород в общем запасе древесины на территории округа составляет 46,1% и значительно меньше чем в Северо-Западном федеральном округе - 75%.

С целью районирования территории субъектов Центрального федерального округа, следует создать электронные карты границ лесничеств в геоинформационной системе - QGIS. Растровые изображения с границами лесничеств можно получить из лесных планов и лесохозяйственных регламентов. Карта-схема границ субъектов Центрального федерального округа представлена в приложении.

Элементом выборочной инвентаризации лесов является лесотаксационный выдел.

В качестве объекта демонстрации предлагаемых подходов к районированию и выборочной инвентаризации лесов была выбрана территория Костромской области. Указанный субъект РФ входит в зону ответственности филиала ФГБУ «Рослесинфорг» «Центрлеспроект».

## 2.2. Описание природно-климатических условий

Костромская область относится к северо-восточной подобласти Атлантико-континентальной лесной области [2]. Климатические условия субъекта умеренно-континентальные с преобладанием осадков над испарением, холодной многоснежной зимой и сравнительно коротким теплым летом.

Опираясь на данные «Агроклиматического справочника» [1], на территории района выделено два климатических района, что продемонстрировано на рисунке 1.

В северном районе наблюдаются более низкие температуры и повышенная увлажненность. Среднегодовая температура воздуха варьируют от +1,5<sup>0</sup>С в северо-восточной части до +2,1<sup>0</sup>С в юго-восточной. Минимальная температура достигает значения -53<sup>0</sup>С, максимальная +36<sup>0</sup>С.



Рис. 1. Климатическое районирование Костромской области

Продолжительность периода вегетации насчитывает от 160 до 165 дней. В теплый период года сумма положительных температур достигает 2100-2200<sup>0</sup>С, активных – 1700-1800<sup>0</sup> С. Сумма осадков составляет 520-650 мм в год, в том числе в вегетационный период 300-370 мм.

В южном районе наблюдается более теплое и продолжительное, но менее влажное лето. Среднегодовая температура воздуха находится в пределах 2-3<sup>0</sup>С, средняя температура наиболее холодного месяца (январь) около -12<sup>0</sup>С, наиболее теплого месяца (июль) - около 18<sup>0</sup>С. Минимум отрицательной температуры достигнут на уровне -46<sup>0</sup>С, максимум положительной температуры достигнут +36<sup>0</sup>С. В теплый период года сумма положительных температур составляет порядка 2250-2320<sup>0</sup>С, из них активных 1800-1950<sup>0</sup>С. Сумма осадков за год составляет 540-600 мм.

Костромская область расположена в разных геоморфологических провинциях. Северорусская провинция охватывает все районы с господством

ледниковой и водно-ледниковой морфоскульптуры и область днепровского оледенения [16]. При формировании основных черт современного рельефа главную роль сыграли плейстоценовые оледенения. В настоящее время в большей степени изучен ландшафт Костромского, Чухломского и Галичского районов. Наиболее яркие формы рельефа имеют Костромская и Унженская низины, отроги Северных Увалов и Галичско-Чухломская гряда.

Территория Костромской области в системе почвенно-географического районирования страны относится к Среднерусской провинции дерново-подзолистых почв. В области наиболее характерными почвообразовательными процессами являются - болотный, подзолистый и дерновый процессы, протекающие в чистом виде или совокупно друг с другом. Наиболее распространенными почвами на территории субъекта являются торфяно-подзолистые оглеенные, дерново-подзолистые и в глубоких понижениях – болотные почвы.

Территория области имеет густую речную сеть, относящуюся к бассейну реки Волги. Наиболее крупные реки области Волга, Ветлуга и Унжа. Общее количество рек Костромской области составляет – 2632 шт. Заболоченные участки составляют 3,5% территории региона.

В соответствии с ботанико-географическим районированием, территория области относится к подзоне южной тайги. Наибольшая часть (к западу от р. Ветлуги) относится к Валдайско-Онежской провинции Североевропейской таежной провинции, восточная часть относится к Камско-Печерско-Западноуральской подпровинции Урало-Западносибирской таежной провинции Евразийской таежной области.

### 2.3. Основные элементы выборочной инвентаризации лесов

В основе метода районирования лесных территорий лежит методика, изложенная в работах автора: «Комплексное ресурсно-экологическое районирование лесов Брянской области» и «Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели, нормативы, технологии» [103;105].

Научно-методическое решение проблемы районирования территории субъектов Российской Федерации должно основываться, прежде всего, на доказательном распределении лесничеств (таксонов) по типичным группам, в которых проявляется наибольшая однородность лесной территории (отдельного района) по множеству природных и организационно-хозяйственных признаков. Только минимизация изменчивости всего комплекса показателей, характеризующих структуру земель лесного фонда, типов лесов и экологических условий в группе типичных лесничеств, обеспечивает достоверность выделения контура конкретного района [103].

Статистически достоверная схема лесного районирования должна быть получена методов многомерной классификации объектов. Сущность методики заключается в организации матрицы исходных данных и поэтапном применении факторного, кластерного и дискриминантного анализов.

В связи с актуальностью решения проблемы экологического природопользования вопросы районирования лесных территорий должны быть тесно увязаны с экономическими условиями региона.

Необходимость районирования на уровне субъекта РФ обусловлена тем, что заказчиком работ по лесоустройству является субъект Российской Федерации, на уровне которого реализуется лесная политика страны.

В соответствии с приказом Рослесхоза от 10.11.2011 N 472 «Об утверждении методических рекомендаций по проведению государственной инвентаризации лесов» именно в рамках типичных лесных районов по типам леса

(типам лесорастительных условий) должна проводиться инвентаризация лесов.

Предлагаемая нами методика выборочной инвентаризации насаждений согласуется с законами математической статистики и имеет логическую стройность. Формирование типических выборок является необходимым условием достижения достоверности результатов инвентаризации, так как должны отдельно друг от друга учитываться дисперсии запасов насаждений, относящихся к разным классам или группам возраста. В работе показан расчет по классам возраста, однако аналогичным образом может быть осуществлена выборочная таксация по группам возраста.

Другим обязательным условием выборочной инвентаризации лесов является репрезентативность выборочной совокупности пробных площадей, которая достигается при использовании формулы, предложенной и проверенной для выборочных обследований в сельском и лесном хозяйстве В.С. Немчиновым [70], М.Г. Здориком [27], В.М. Гусаровым [20].

При определении площади обследования важным условием является обеспечение выборочной совокупности необходимым числом деревьев с целью достижения заданной точности определения целевого таксационного показателя инвентаризации – древесного запаса.

### 3. МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

#### 3.1. Многомерность данных для классификации лесничеств

Ресурсно-экологическое районирование территории субъекта Российской Федерации – это многомерная группировка лесничеств по схожести показателей, характеризующих почвенно-климатические условия, структуру площадей, занятых различными категориями земель лесного фонда, уровни продуктивности, пространственную структуру насаждений по типам лесов [105].

Достоверная схема лесного районирования является основой ведения лесного хозяйства в связи с тем, что именно она позволяет создать единую нормативно-правовую и методическую базу для организации лесопользования, лесопользования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.

Необходимо отметить, что в действительности нормативно-правовая база, используемая при разработке лесохозяйственных регламентов и лесных планов, должна быть основана на научно-обоснованных методических решениях в области лесного районирования.

Рациональное и устойчивое лесопользование на территории субъекта РФ требует проведения комплексной оценки ресурсно-экологического и социально-экономического потенциала региона. Специфичность ландшафтно-экологических условий является ключевым фактором, предопределяющим концентрацию и специализацию производств в лесном и сельскохозяйственном секторах экономики. Известные в настоящее время карты-схемы в области лесного, ландшафтного, сельскохозяйственного и прочих видов районирования представляет собой, как правило, интуитивно-субъективные суждения, обоснованность и достоверность которых предопределена уровнем систематизации многомерных данных и эрудиции авторов [105].

Методики районирования, предлагаемые большинством авторов, несут в себе весьма высокую долю субъективизма и не охватывают весь диапазон

изменчивости ресурсных и экологических показателей, структуру земель и их продуктивность, типы лесов, присущих конкретному лесному району. Это указывает на отсутствие в предлагаемых методиках надежного статистического обоснования типичности объектов в выделяемых лесных районах.

При лесном районировании территории субъекта Российской Федерации одним из важнейших вопросов, требующих решения является распределение таксонов (лесничеств) по однородным группам, которым присуща минимальная изменчивость и максимальная схожесть показателей лесного фонда. Только в случае выявления минимальной внутригрупповой и максимальной межгрупповой изменчивости показателей, присущих лесничествам, может быть получена достоверная группа объектов, составляющая лесной район.

В очередной раз следует отметить, что схема лесного районирования, утвержденная приказом МПР от 28 марта 2007г., построена на интуитивно-субъективном делении территории лесного фонда России без должной доказательной основы и нуждается в пересмотре. Такая критика справедливо прозвучала на Лесном форуме Гринпис России со стороны ведущих ученых специалистов по районированию (А.С. Шейнгауз: [www.wood.ru/ru/lonewsid-17443.html](http://www.wood.ru/ru/lonewsid-17443.html)) [105].

Достоверная схема комплексного ресурсно-экологического районирования может быть получена лишь на основе методов многомерной классификации (группировки) лесничеств по однородности (схожести) значений показателей, включенных в анализ. Подход подразумевает под собой поэтапное применение факторного, кластерного и дискриминантного видов анализа, на что ещё в начале 80-х годов прошлого столетия указывалось в специальной литературе [105].

Исходя из критических замечаний и указанных методические рекомендации, а также из особенностей природно-экологических условий в конкретном субъекте РФ при решении поставленной задачи было задействовано от

29-ти (Владимирская и Тверская области) до 38-ми (Липецкая область) показателей, разделенных на пять блоков:

I. Геопозиционирование лесничеств:

$X_1$  – широта северная;

$X_2$  – долгота восточная.

II. Группа почвенно-климатических переменных (данные опубликованы академиком Немчиновым В.С. с соавторами в «Материалах по природно-экономической характеристике сельскохозяйственных микрорайонов СССР» [69]).

Почвенные переменные включают в себя информацию о долевом участии типов почв, отнесенных к различным уровням потенциальной продуктивности.

Переменные характеризуются процентом площадей с классами потенциальной продуктивности почв от 1 до 4:

$X_3$  – доля площадей с продуктивностью почв – 1;

$X_4$  – доля площадей с продуктивностью почв – 2;

$X_5$  – доля площадей с продуктивностью почв – 3;

$X_6$  – доля площадей с продуктивностью почв – 4;

климатические:

$X_7$  – суммарная обеспеченность теплом;

$X_8$  – продолжительность весны;

$X_9$  – увлажнение весной;

$X_{10}$  – температура средняя наиболее теплого месяца;

$X_{11}$  – температура средняя наиболее холодного месяца.

III. Группа переменных, отображающих структуру земель лесного фонда:

$X_{12}$  – всего земель, покрытых лесом;

$X_{13}$  – фонд лесовосстановления;

$X_{14}$  – всего лесных земель;

$X_{15}$  – сельхозугодья (пашни, сенокосы, пастбища, сады, ягодники);

$X_{16}$  – воды;

$X_{17}$  – дороги и просеки (протяженность на 1 км<sup>2</sup> лесного фонда);

$X_{18}$  – усадьбы и пр.;

$X_{19}$  – болота;

$X_{20}$  – пески;

$X_{21}$  – прочие земли;

$X_{22}$  – всего нелесных земель.

IV. Группа показателей, характеризующих структуру площадей под типами лесов:

$X_{23}$  – доля площади под светлохвойными лесами;

$X_{24}$  – доля площади под темнохвойными лесами;

$X_{25}$  – доля площади под твердолиственными лесами;

$X_{26}$  – доля площади под мягколиственными лесами;

V. Группа показателей, характеризующих продуктивность и сомкнутость древостоев по типам лесов:

$X_{27}$  – средневзвешенный бонитет хвойных пород;

$X_{28}$  – средневзвешенный бонитет твердолиственных пород;

$X_{29}$  – средневзвешенный бонитет мягколиственных пород;

$X_{30}$  – средневзвешенная полнота хвойных пород;

$X_{31}$  – средневзвешенная полнота твердолиственных пород;

$X_{32}$  – средневзвешенная полнота мягколиственных пород.

Источниками информации являются:

– данные государственного учета земель сельскохозяйственного назначения РФ ( $X_1 - X_4$ );

– данные гидрометеослужбы РФ ( $X_5 - X_{11}$ );

– данные государственного учета лесного фонда РФ ( $X_{12} - X_{32}$ ).

В качестве источников информации были использованы:

- данные государственного учета земель с/х назначения РФ;
- данные гидрометеослужбы РФ;
- данные ГУЛФ (Государственного учета лесного фонда).

Подробные пояснения и обоснования климатических показателей содержатся в работе Д.И. Шашко «Климатические ресурсы сельского хозяйства СССР» [109].

Климатические показатели были индексированы при составлении матрицы данных, используемой в многомерном анализе. Обращаясь к приложению А дадим пояснение используемых индексов. Переменная «продолжительность весны» для лесничеств представлена двумя индексами «4 и 5», где индекс - 4 характеризует длинный тип продолжительности весеннего сезона (от 48-ми до 58-ми дней), индекс - 5 характеризует очень длинный тип продолжительности весеннего сезона (более 53-х дней). Переменная «суммарная обеспеченность влагой» для лесничеств, представлена двумя индексами «1 и 2», где индекс – 1 характеризует отношение осадков к испаряемости за год, сопоставимое с областью достаточного увлажнения, избыточно влажной зоной, с формированием как правило таежных лесов на глеево-подзолистых почвах, индекс – 2 характеризует отношение осадков к испаряемости за год, сопоставимое с областью достаточного увлажнения, влажной зоной, с формированием таежных и лиственных лесов на подзолистых почвах. Переменная «увлажнение летом» для лесничеств, представлена двумя индексами «2 и 3», где: индекс – 2 характеризует отношение осадков к испаряемости за год, сопоставимое с областью достаточного увлажнения, влажной зоной, с формированием таежных и лиственных лесов на подзолистых почвах, индекс – 3 характеризует отношение осадков к испаряемости за год, сопоставимое с областью недостаточного увлажнения, слабо засушливой подобластью, полувлажной зоной, с формированием лесостепей.

Завудующим кафедрой экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, профессором И.И. Васневым, на основании материалов по «Природно-экономической характеристике сельскохозяйственных микрорайонов СССР» [69], была выполнена экспертная оценка типов и подтипов почв на территории субъектов Российской Федерации Центрального федерального

округа. В частности на территории Костромской области им было выделено четыре уровня продуктивности почв, где 1-й уровень характеризует собой наиболее бедные почвы, на которых произрастание древесно-кустарниковой растительности затруднено, а 4-й уровень характеризует наиболее продуктивные для произрастания лесной растительности почвы.

1-й уровень продуктивности вообрал в себя долю площадей, занимаемых торфянными типами почв;

2-й уровень продуктивности образован следующими типами почв: дерново-слабоподзолистыми (песчаные подтипы), дерново-среднеподзолистыми (подтипы: песчаные; песчаные, подстилаемые суглинками и глинами; песчаные, подстилаемые мореной), дерново-сильноподзолистыми (подтипы: супесчаные, подстилаемые мореной), дерново-подзолистыми-глеевыми (супесчаные подтипы), сильноподзолистыми (подтипы: среднесуглинистые пылеватые на покровных отложениях; супесчаные, подстилаемые мореной), торфянисто-подзолисто-глеевыми песчаными, перегнойно-глеевыми и аллювиальными;

3-й уровень продуктивности образован следующими типами почв: дерново-слабоподзолистыми (подтипы: легкосуглинистые песчанистые на морене), дерново-среднеподзолистыми (подтипы: супесчаные; супесчаные, подстилаемые мореной), дерново-сильноподзолистыми (подтипы: глинистые и тяжелосуглинистые; среднесуглинистые песчанистые на морене; легкосуглинистые песчанистые на морене; супесчаные) и дерново-подзолисто-глеевыми (подтипы: глинистые и тяжелосуглинистые; среднесуглинистые песчанистые на морене).

4-й уровень продуктивности характеризуется следующими типами почв: дерново-слабоподзолистыми (глинистые и тяжелосуглинистые подтипы) и дерново-среднеподзолистыми (подтипы: глинистые и тяжелосуглинистые; среднесуглинистые песчанистые на морене; легкосуглинистые песчанистые на морене).

Данные по распределению типов почв, исчислены на основании государственной почвенной карты масштаба 1:1000000 методом планиметриро-

вания с последующей увязкой полученных результатов с материалами земельных балансов [69].

Используемые при анализе переменные, прямым или косвенным образом характеризуют структуру земельных и лесных ресурсов, а также природно-экологические условия рассматриваемых лесничеств.

Необходимо обратить внимание на то, что границами лесных районов на уровне субъекта выступают границы лесничеств, т.к. не представляется возможным осуществить достоверное нанесение границ районов на картах, относящихся к категории атласов.

В лесном кодексе Российской Федерации изложено требование, связанное с необходимостью определения принципов и методов распределения таксонов (лесничеств) в многомерном комплексе указанных переменных, которые характеризуют субъекты ведения хозяйства.

В основу географических задач по тематическому районированию положен принцип соблюдения целостности образованного района, что является не всегда достоверным. При использовании методов многомерной классификации исполнитель должен быть готов к тому, что однородные группы объектов в конечном итоге могут иметь некоторую разобщенность, что не является ошибкой. В данном случае весьма справедливо будет допустить выделение типичных лесничеств отдельного подрайона со свойственной ему специфичностью, опираясь на статистические критерии качества.

Следуя вышеизложенным замечаниям, выполнена многомерная группировка лесничеств, для каждого из субъектов ЦФО путем последовательного применения факторного, кластерного и дискриминантного анализа данных.

### 3.2. Факторизация ресурсно-экологических показателей

Одним из важнейших условий достижения достоверности многомерной классификации по комплексу переменных, представленных в предыдущем разделе, является устранение явления мультиколлинеарности между факторами.

Путем факторного анализа или одним из его методов – «методом главных компонент», удастся снизить размерность данных и образовать из комплекса взаимосвязанных факторов, новые латентные (скрытые) переменные, несущие в себе информативную нагрузку переменных которыми они образованы. «Метод главных компонент», был предложен К. Пирсоном в 1901г. и развит Г. Хотеллингом в 1933 г. [102]. В работах таких ученых как Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер [35], К. Иберла [28], Г. Харман [102], А.П. Кулаичев [55] и др. отмечается простота и высокая эффективность указанного метода по сравнению с другими.

В качестве критерия значимости взаимосвязи между переменными использовано критическое значение коэффициента корреляции на 5-процентном уровне значимости, абсолютное значение которого равно 0,449.

Оценка соотношения коррелированных между собой переменных осуществляется путем вращения системы координат - «варимакс». Данное условие позволяет вычислить собственные значения факторов и сформировать график собственных значений факторов, а также значительно упростить структуру нагрузок на оси главных компонент. После «варимакс» - вращения коррелированные между собой переменные объединяются в понятие главного компонента, выстраиваются ближе друг к другу, что позволяет дать сформированным факторам смысловое содержание путем их семантической интерпретации.

Известно большое количество критериев определения числа сформированных факторов. По данному вопросу имеется достаточно большое количество научно-методических работ [28]. В качестве основного критерия воспользуемся критерием – «каменистой осыпи», предложенным Р. Кеттелом [35]. Так, построение графика изменения собственных значений факторов относительно номеров факторов позволяет определить количество главных компонент путем выявления характерной точки перегиба кривой. Если явно го перегиба кривой не проявляется, то ведётся поиск её характерного выполаживания.

К. Иберла, Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер отмечают, что данный критерий является наиболее эффективным исходя из практической точки зрения. Важным является то, что факторы, групповые средние которых мало различимы, как правило, исключаются из модели классификации, т.к. они могут в некоторых случаях исказить конечную модель классификации. Также могут быть исключены факторы, которые имеют схожую разделительную способность с другими факторами. При дискриминантном анализе в первую очередь происходит отбор наиболее информативных факторов, причем их информативность не всегда определяется большими собственными значениями и большей долей объясняемой ими дисперсии. Данное замечание является весьма важным при использовании дискриминантных функций.

Конечным продуктом, получаемым при факторизации, является таблица объектов координат факторов. Затабулированные значения координат факторов является входной информацией для последующей группировки лесничеств по объединяющей и разделяющей стратегиям кластеризации.

### 3.3. Кластеризация лесничеств в системе координат факторов

Выявление однородных групп объектов в системе координат факторов при отсутствии явления мультиколлинеарности является предварительной задачей классификации. Результатом кластеризации являются сформированные на основании предварительно заданных переменных однородные группы, где объектами выступают отдельно взятые лесничества конкретного субъекта РФ. При этом кластеризация лесничеств должна выполняться в несколько этапов, так как исполнителю предстоит ответить на следующие вопросы:

1. Какое количество типичных (однородных) групп объектов в многомерном пространстве следует считать оптимальным?

2. Каким образом достичь максимально достоверного соотнесения объектов к действительной группе в многомерном пространстве?

Необходимо отметить, что кластерный анализ не имеет вычислительного механизма проверки гипотезы о достоверности получаемых разбиений. Данная задача решается с использованием алгоритма классификации с обучением на основе дискриминантного анализа.

Фундаментальной основой кластерного анализа выступает гипотеза о выявлении близлежащих друг к другу скоплений точек (объектов) в многомерном пространстве, размерность которого определяется количеством рассматриваемых переменных, а координатами точек в данном пространстве выступают значения переменных для отдельных наблюдений. Таким образом, осуществляется переход к понятиям: «мера расстояний» и «мера сходства» между объектами. При использовании данных понятий расчётными единицами, получаемыми в процессе кластеризации, являются - дистанционная матрица и матрица подобия наблюдений. Так как расстояние (дистанция) применяется и для оценки подобия, то разница между этими двумя матрицами не велика [8]. В зависимости от того, к какой шкале измерений относятся

переменные, участвующие в анализе, могут быть использованы различные дистанционные меры и меры подобия.

При обработке переменных, относящихся к количественной шкале, наиболее используемой дистанционной (метрикой) между объектами на плоскости выступает так называемое – «евклидово расстояние» или «евклидова мера». Уравнение метрики – «евклидова расстояния» записывается следующим образом:

$$dist = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

где:

$x_i$  – координата первой точки для отдельно рассматриваемой переменной;

$y_i$  – координата второй точки для отдельно рассматриваемой переменной.

Важным условием получения достоверного результата является стандартизация значений переменных для наблюдений, так как уровни значений переменных могут очень сильно отличаться друг от друга. Согласно формуле евклидовой меры, переменная, имеющая большие значения, практически полностью доминирует над переменной с малыми значениями, что является недопустимым при получении достоверного результата. Стандартизация позволяет привести значения всех преобразованных переменных к единому диапазону значений, а именно от -3 до +3 [8].

Необходимость проведения кластеризации в несколько этапов вызвана постановкой вопросов, рассматриваемых в данном разделе. Существует большое количество различных алгоритмов кластерного анализа, каждый из которых дает свой отличный от других результат. Путем апробации нескольких алгоритмов, имеющихся в нашем распоряжении было выявлено, что весьма неплохой результат может быть получен при последовательном использовании иерархической (агломеративная стратегия) и итеративной процедур кластеризации. Контрольными данными выступил известный опыт – «Ирисы Фишера».

При агломеративной (объединяющей) стратегии иерархического метода кластеризации, каждое наблюдение изначально рассматривается как отдельный

кластер. На первом шаге происходит объединение двух соседних кластеров, на конечном шаге вся совокупность объектов объединяется в один кластер. Важным условием является выбор меры сходства или подобия, между кластерами. Точного ответа на вопрос: «Какая мера сходства лучше?», в настоящее время нет. Ряд авторов, таких как: А. Бююль, П. Цефель, А.П. Кулаичев, М.С. Олдендерфер, Р.К. Блэшфилд и др. указывают, на то, что мера сходства – «Метод Уорда» приводит к формированию кластеров с минимальной внутригрупповой дисперсией, выстраивает наилучшую таксономию и образует кластеры, как правило, сферической формы. Необходимо также отметить, что при использовании метода Уорда, в качестве дистанционной меры принято использовать – «квадрат евклидова расстояния», т.к. при расчете дистанции между объектами будут лучшим образом учтены бóльшие разности. Формула расчета метрики – «квадрат евклидова расстояния» записывается следующим образом:

$$dist = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (2)$$

где:

$x_i$  – координата первой точки для отдельно рассматриваемой переменной;

$y_i$  – координата второй точки для отдельно рассматриваемой переменной.

Метод был опробован на опытных данных и достоверно разделил – «ирисы Фишера» на три группы. Ошибочно были классифицированы 10,66% респондентов, что указывает на необходимость использования другого метода кластеризации с целью получения более достоверного результата при соотношении респондентов в действительные классы. Критерием определения числа кластеров считаем проявление скачка коэффициента, который рассматривается как расстояние между 2-мя кластерами. Появление характерного скачка свидетельствует об объединении объектов, расположенных на весьма большом расстоянии друг от друга, требует прекращения процесса с возвратом на шаг предшествующий скачку коэффициента. Визуализацией процесса пошагового слияния кластеров выступает - дендрограмма, в основу которой положена таблица агломерации кластеров. Количество линий в правой ее части указывает на число кластеров.

В связи с тем, что при иерархической кластеризации получена неудовлетворительная принадлежность объектов к заранее известным классам, считаем необходимым воспользоваться алгоритмом итеративной кластеризации, названный методом - *k-средних*. Метод *k-средних* имеет свои преимущества и недостатки при сравнении с иерархическими алгоритмами. При кластеризации методом *k-средних* в качестве исходных центров кластеров выбираются случайные наблюдения из исходных данных. При использовании дистанционной меры – «евклидово расстояние» определяются ближайшие к центрам кластеров объекты, которые образуют новый кластер, далее происходит перерасчет кластерных центров. Новыми центрами выступают усредненные значения между образующими кластер векторами.

Таким образом, работа алгоритма осуществляется до тех пор, пока не перестанут меняться границы сформированных кластеров. Метод носит название итеративного, в связи с тем, что процесс формирования конечных кластеров сопровождается набором последовательных итераций. Необходимо также отметить, что метод стремится к формированию максимально различных по отношению друг к другу кластеров, что является наиболее предпочтительным условием формирования максимально разнородных и удаленных друг от друга кластеров. При этом внутригрупповая дисперсия объектов, формирующих кластер, стремится к минимуму. Преимуществами метода являются способность обрабатывать большие объемы информации, а также более высокая достоверность принадлежности объектов действительным классам. Недостатками следует считать требование алгоритма к указанию количества формируемых кластеров, а также поиск лучшей начальной инициализации их центров, что усложняет процесс получения лучшего решения в связи с временными затратами. Апробация алгоритма на опытных данных выявила, что ошибочно были сгруппированы – 4,66% респондентов, что подтверждает более высокое качество кластеризации в отличии от иерархической.

### 3.4. Критериальная оценка достоверности лесного районирования

Заключительным этапом классификации объектов в многомерном пространстве, является проверка достоверности кластеризации. Решение данной задачи возможно путем перехода от системы координат факторов к системе координат дискриминантных функций. Дискриминантный анализ является статистическим методом, позволяющим проецировать ситуацию из многомерного пространства на оси канонических дискриминантных функций, тем самым обеспечивая исполнителя необходимой для изучения информацией о различии объектов по нескольким переменным одновременно.

Необходимо отметить, что дискриминантный анализ также позволяет решать задачи интерпретации неклассифицированных наблюдений, основываясь на некоторой информации о части переменных уже имеющих классовую принадлежность. Входными показателями в дискриминантный анализ являются значения переменных для наблюдений, называемые «дискриминантными переменными», а также категориальная переменная, называемая «классифицирующей переменной».

При решении задач классификации объектов обязательным является наличие целевой функции, ориентированной на максимизацию межгрупповой и минимизацию внутригрупповой изменчивости. Б. Болчем и Хуанем К.Дж. [6] отмечается, что данная целевая функция позволяет найти некую оптимальную дискриминантную плоскость. Уравнение характеризующее данный подход, может быть записано в следующем виде:

$$\lambda = \frac{\text{Дисперсия между группами}}{\text{Дисперсия внутри групп}} \rightarrow \max \quad (3)$$

где:

$\lambda$  – собственное значение дискриминантной функции, стремящееся к максимальному значению.

Межгрупповая дисперсия представляет собой сумму квадратов отклонений групповых средних от их общего среднего, умноженных на объемы групп и деленную на общее число наблюдений совокупности. Формула расчёта межгрупповой дисперсии может быть записана в следующем виде:

$$D_{м/гр} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{x}_{грj} - \bar{x}_{общ})^2 n_j}{n} \quad (4)$$

Внутригрупповая дисперсия является суммой групповых дисперсий, умноженных на объемы групп и деленных на общее число наблюдений. Формула расчета внутригрупповой дисперсии может быть записана в следующем виде:

$$D_{в/гр} = \frac{\sum_{j=1}^k D_{грj} n_j}{n} \quad (5)$$

С целью определения принадлежности отдельно взятого объекта к конкретному классу Р. Фишером была предложена – «классифицирующая функция», являющаяся линейной комбинацией дискриминантных переменных. Данная функция согласуется с целевой и может быть записана в следующем виде:

$$h_k = b_{k0} + b_{k1}X_1 + b_{k2}X_2 + \dots + b_{kp}X_p \quad (6)$$

где:

$h_k$  – значение функции классификации для класса  $k$ ;

$b_{ki}$  – расчетные значения коэффициентов функций классификации;

$X_p$  – значение главного компонента для наблюдения.

Подробности вычисления коэффициентов функции классификации в работе опущены, т.к. порядок их расчета изложен в работе профессора У. Клекка [35].

Используя «классифицирующую функцию», рассчитывают матрицу, где в качестве наблюдений выступают рассматриваемые в анализе респонденты, а в качестве переменных выступают значения присваиваемых классов объектов. После определения в строке таблицы наибольшее значение для наблюдения выявляется принадлежность объекта к конкретному классу. Но как отмечает профессор У. Клекка [35], применение «функций классификации» в определенной степени уступает место применению «канонических дискриминантных функций» (далее дискриминантных функций), в связи с тем, что результаты, получаемые при построении дискриминантных функций, будут более достоверными в связи с уменьшением влияния выборочных флуктуаций.

В монографии представленной В.В. Тюриным и С.Н. Щегловым [95] дается весьма подробная геометрическая интерпретация построения дискриминантной функции, представленная на рисунке 2:

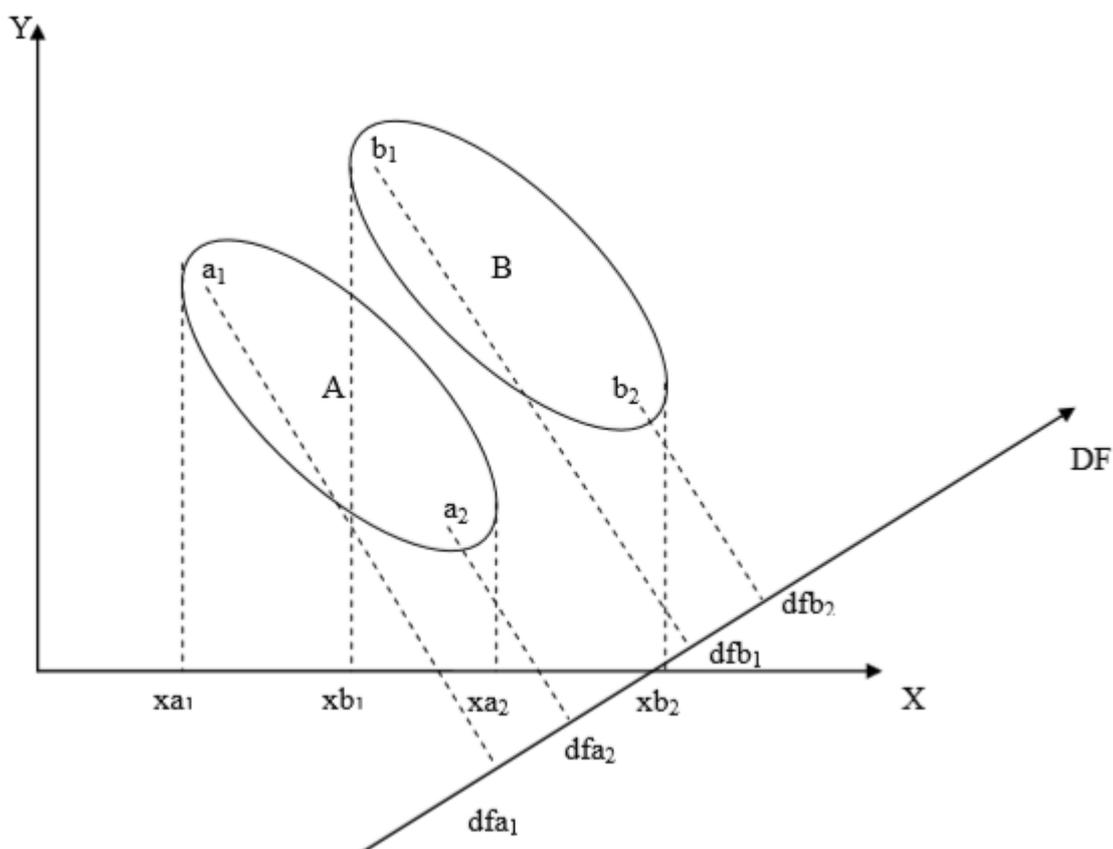


Рис. 2. Геометрическая интерпретация построения дискриминантной функции

где: A, B – центры разделяемых групп объектов;  $x_{a1}$ ,  $x_{b1}$  – минимальные значения признака X в группах A и B;  $x_{a2}$ ,  $x_{b2}$  – максимальные значения признака X в данных группах;  $d_{fa1}$ ,  $d_{fa2}$  – проекции конкретных объектов группы A на ось дискриминантной функции;  $d_{fb1}$ ,  $d_{fb2}$  – то же для конкретных объектов группы B (по Тюрину В.В., Щеглову С.Н. 2015)

Важным обстоятельством является тот факт, что вычисление дискриминантных функций выполняется таким образом, чтобы функции максимально достоверно разделяли объекты в многомерном пространстве, на что указывает профессор У. Клекка [35]. Он также подчеркивает, что число формируемых при дискриминантном анализе функций всегда на единицу меньше чем рассматриваемое количество классов объектов, при условии, что количество переменных равно или больше числа классов. В случае, когда количество переменных меньше числа классов, максимум вычисляемых функций соответствует числу рассматриваемых переменных.

Подход связанный с вычислением дискриминантных функций имеет некую схожесть с выявлением факторов при факторном анализе. Выражается данное явление в том, что первая дискриминантная функция, как правило, обладает максимальной дискриминантной способностью, следующая за ней

имеет меньшую разделяющую способность и так далее по убывающей. Немаловажным является факт ортогонального расположения осей дискриминантных функций по отношению друг к другу с целью предотвращения наличия корреляции между ними. Расположение осей по данному принципу необходимо для критериальной оценки достоверности разделения объектов в многомерном пространстве.

При дискриминантном анализе так же как и при кластерном анализе отдельные респонденты обозначаются точками в многомерном пространстве. Соответственно функциональная зависимость, выступая в качестве поверхности проецирования, требует расчета собственных координат объектов, отражающихся на ось дискриминантной функции. Координатой объекта в данном случае выступает математическое ожидание получаемое при решении уравнения. Уравнение дискриминантной функции записывается следующим образом:

$$DF = b_1 x_1 + \dots + b_i x_i + \dots + b_p x_p + C \quad (7)$$

где:

DF – координата объекта в пространстве образуемом дискриминантной функцией;

$x_i$  – числовое значение главного компонента из «таблицы значений факторов»;

$b_i$  – значение коэффициента  $i$ -ой канонической дискриминантной функции для наблюдения в разрезе главного компонента;

C – константа.

Подробности вычисления коэффициентов дискриминантной функции в работе опущены, т.к. порядок их расчета изложен в работе профессора У. Клекка [35].

Следующим этапом после вычисления координат объектов в системе координат дискриминантных функций, является критериальная оценка достоверности классификации наблюдений. Как правило исполнитель при выполнении дискриминантного анализа должен ответить на следующие вопросы:

1. Сколько дискриминантных функций являются статистически значимыми?
2. Насколько качественной дискриминационной (разделяющей) способностью они обладают?

Опираясь на расчетное значение целевой функции –  $\lambda$  (собственное значение), стремящееся к максимальному, происходит выявление наиболее значимых дискриминантных функций. Функция с наибольшим расчетным собственным значением –  $\lambda$ , будет считаться наиболее мощным дискриминатором, а в случае когда –  $\lambda$  будет равно или близко нулю, дискриминация отсутствует. Но необходимо отметить, что абсолютные значения собственных чисел являются малоинформативными, ведь их интерпретация весьма затруднительна. С целью действительной оценки полезности дискриминантной функции воспользуемся расчетом коэффициента канонической корреляции, который является мерой связи между классами объектов в многомерном пространстве и отдельно взятой дискриминантной функцией. Каноническая корреляция связывается с целевой функцией по следующей формуле:

$$r_i = \sqrt{\frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i}} \quad (8)$$

где:

$r_i$  – расчетное значение коэффициента канонической корреляции, для отдельно взятой дискриминантной функции;

$\lambda_i$  – отношение дисперсии между группами к дисперсии внутри групп по значениям координат  $i$ -ой канонической дискриминантной функции.

Данный критерий является первейшим показателем достоверности разделяющей способности дискриминантной функции, так как он идентичен смешанному моменту корреляции Пирсона между двумя линейными комбинациями в паре [35]. В случае, когда классы объектов плохо разделяются по рассматриваемым переменным, значения коэффициентов канонической корреляции будут весьма малы, в связи с тем, что невозможным является поиск различий там, где они отсутствуют.

Наличие же сильной связи (коэффициент канонической корреляции равен 0,7 и более) подтверждает высокую разделяющую способность дискриминантной функции.

Статистическая значимость дискриминантной функции также может быть проверена косвенным путем. В таком случае оценивают не саму дискриминантную функцию, а остаточную дискриминантную способность самой системы, до определения этой функции. Под «остаточной дискриминантной способностью» понимается способность переменных различать классы, при исключении информации, полученной при помощи ранее определенных функций [35]. Для вычисления значения « $\Lambda$  (лямбда) - статистики Уилкса» воспользуемся формулой:

$$\Lambda = \prod_{i=k+1}^g \frac{1}{1 + \lambda_i} \quad (9)$$

где:

$\Lambda$  - искомое значение лямбда - статистики Уилкса;

$g$  - число классов объектов однородных по типичности;

$k$  - число вычисленных дискриминантных функций;

$\lambda_i$  - отношение дисперсии между группами к дисперсии внутри групп по значениям координат  $i$ -ой канонической дискриминантной функции.

$\Pi$  - означает, что окончательный результат, должен быть получен путем перемножения всех членов.

В случае, когда «остаточная дискриминантная способность» становится минимальной, оставшиеся дискриминантные функции являются статистически незначимыми или недостоверными.

Опираясь на « $\Lambda$  - статистику Уилкса» можно получить тест значимости, основанный на аппроксимации распределения некоторой функции от неё распределением Хи-квадрат ( $\chi^2$ ). При использовании данного критерия выдвигается нулевая гипотеза о различии классов объектов, которая может быть сформулирована следующим образом:

$H_0$ : «Если значение критерия расчетного меньше значения критерия табличного для 5-процентного уровня значимости при соответствующем числе степеней свободы, то различия между классами объектов несущественны (недостоверны)».

Расчетные значения критерия могут быть рассчитаны по формуле:

$$\chi^2 = - \left[ n \cdot \left( \frac{p+g}{2} \right) - 1 \right] \ln \Lambda_k \quad (10)$$

где:

$n$  – общее число наблюдений по всем классам;

$p$  – число главных компонент;

$g$  – число классов объектов;

$k$  – число вычисленных дискриминантных функций;

$\ln \Lambda_k$  – логарифм значения лямбда - статистики Уилкса соответствующего числу вычисленных дискриминантных функций;

$(p-k)*(g-k-1)$  – число степеней свободы, необходимое для определения табличного значения критерия Хи-квадрат, на заданном уровне доверительной вероятности.

Путем сравнения расчетного значения критерия - Хи-квадрат ( $\chi^2$ ) с табличным определяют, принимается ли нулевая гипотеза или отвергается.

Рассмотренные критерии качества дискриминантных функций использованы в работе как критерии, подтверждающие достоверное разделение лесничеств в системе дискриминантных функций.

### 3.5. Методика и схема районирования лесов субъекта РФ

Матрица исходных данных представлена 32-мя количественными переменными, сгруппированными в пять блоков, информация о составе и численных значениях которых представлена в приложении А.

Число статистически значимых взаимосвязей между переменными составляющими матрицу исходных данных равно – 122, что в отношении общего числа взаимосвязей составило 24,6%.

В результате выполнения алгоритма, был получен график, на котором по оси ординат располагаются собственные значения факторов, а по оси абсцисс номер главного компонента. Появление характерной точки перегиба кривой наблюдается при выделении четырех главных компонент, что указывает на формирование четырех факторов (рисунок 3).

Процент объясняемой факторами совокупной дисперсии переменных при выделении четырех главных компонент составил – 72,5% (таблица 1).

*Таблица 1*

#### **Собственные значения факторов и процент объясняемой ими дисперсии**

Показатели	Собственные значения факторов и их дисперсии по номерам факторов			
	1	2	3	4
Собственное значение фактора	10,4	6,2	4,4	2,1
Дисперсия, %	32,5	19,5	13,9	6,6
Накопленная дисперсия, %	32,5	52,0	65,9	72,5

Необходимым действием при выполнении факторного анализа, считается оценка переменных, включенных в анализ с позиции общности и специфичности. На рисунке 4 продемонстрировано, что при выделении четырех главных компонент, на территории Костромской области специфичность проявляется в отношении таких переменных как: «Доля площадей лесного фонда, занимаемая фондом лесовосстановления», «Доля площадей лесного фонда, занимаемая усадьбами и пр.», «Доля площадей лесного фонда, занимаемая песками», «Средневзвешенный бонитет хвойных», «Средневзвешенная полнота хвойных» и «Средневзвешенная полнота мягколиственных».

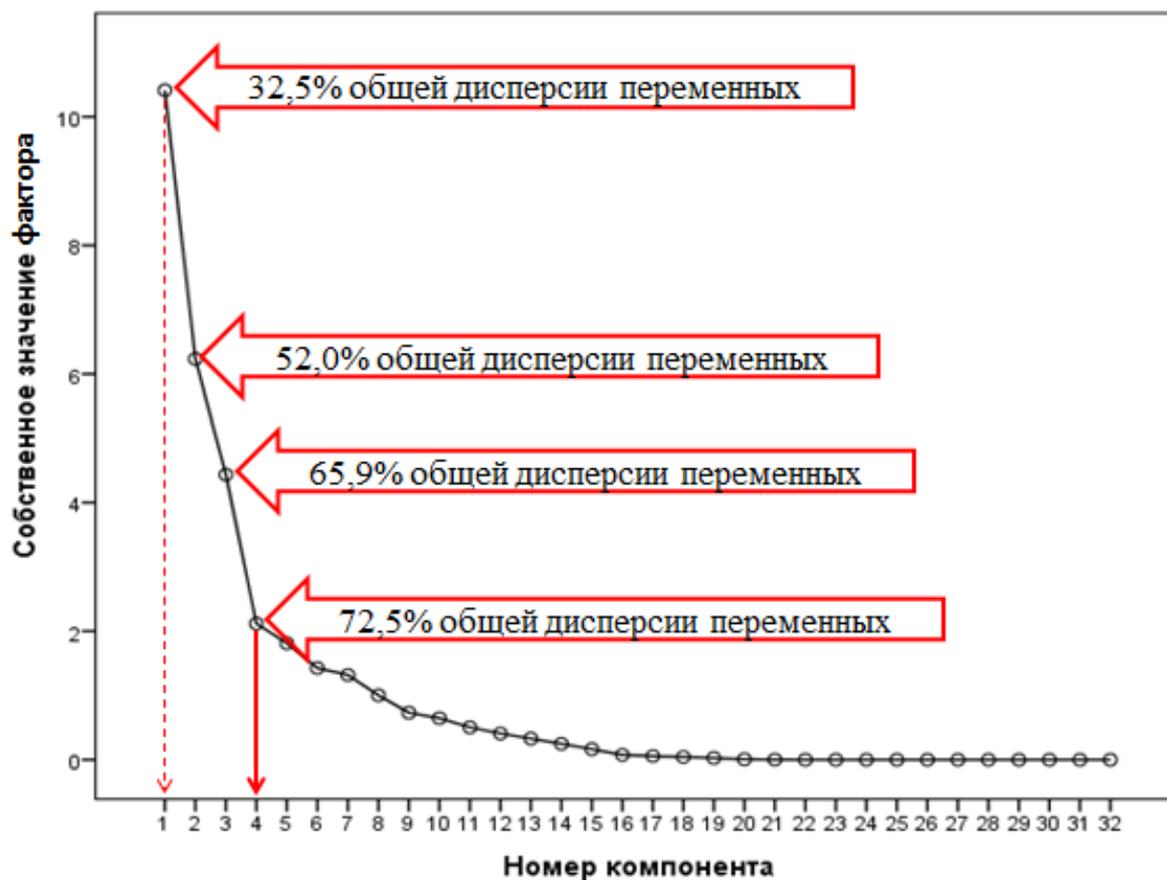


Рис. 3. Изменение собственных значений факторов относительно номеров главных компонент («каменистая осыпь» Кетгела)

Специфичность первой из обозначенных переменных, проявляется в Галичском, Антроповском и Павинском лесничествах, где доля площадей лесного фонда, занимаемая лесными культурами, составляет – 3,04%, 3,21% и 3,36%. Специфичность второй из обозначенных переменных, проявляется в Судиславском, Островском и Парфеньевском лесничествах, где доля площадей лесного фонда, занимаемая усадьбами и прочими объектами, составляет – 0,11%, 0,15% и 0,18%. Специфичность третьей из обозначенных переменных, проявляется на территории бывшего Ивановского лесхоза Шарьинского лесничества и территории бывшего Макарьевского лесхоза Макарьевского лесничества, где доля площадей лесного фонда, занимаемая песками, составляет – 0,01% и 0,02%. Специфичность четвертой из обозначенных переменных, проявляется в Костромском, Павинском и Парфеньевском лесничествах, где средневзвешенный показатель бонитета хвойных насаждений, составляет – 2,09 и 2,1. Специфичность пятой из обозначенных переменных, проявляет-

ся в Поназыревском, Мантуровском, Чухломском и Павинском лесничествах, где средневзвешенный показатель полноты хвойных насаждений, составляет – 0,65, 0,67 и 0,76. Специфичность шестой из обозначенных переменных, проявляется в Вохомском, Нейском, Кологривском и Шарьинском лесничествах, где средневзвешенный показатель полноты мягколиственных насаждений, составляет – 0,8, 0,81.

Проявление специфичности переменных становится тем более ярко выражено, чем меньше главных компонент будет выделено при факторизации переменных.

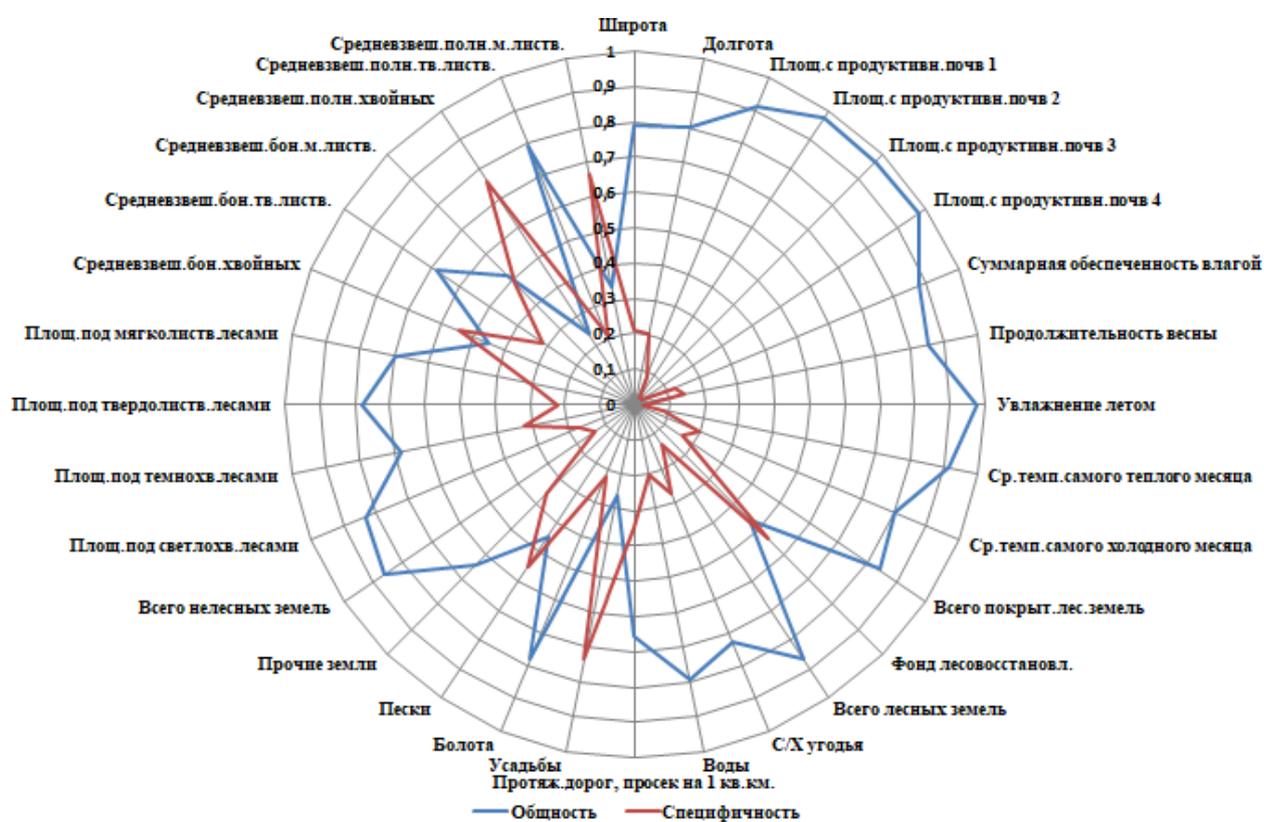


Рис. 4. Диаграмма соотношения общности и специфичности переменных при четырех главных компонентах

Таблица 2

**Характеристика переменных с позиций общности и специфичности при  
четырёх главных компонентах**

Переменные		Общность	Специфичность	
Северная широта		<b>0,789</b>	0,211	
Восточная долгота		<b>0,798</b>	0,202	
Класс продуктивности почв	первый	<b>0,915</b>	0,085	
	второй	<b>0,975</b>	0,025	
	третий	<b>0,970</b>	0,030	
	четвертый	<b>0,976</b>	0,024	
Суммарная обеспеченность влагой		<b>0,879</b>	0,121	
Продолжительность весны		<b>0,854</b>	0,146	
Увлажнение летом		<b>0,978</b>	0,022	
Средняя температура наиболее теплого месяца		<b>0,916</b>	0,084	
Средняя температура наиболее холодного месяца		<b>0,800</b>	0,200	
Структура лесных земель	всего покрытых лесом, %	<b>0,840</b>	0,160	
	фонд лесовосстановления, %	0,462	<b>0,538</b>	
	всего лесных земель, %	<b>0,863</b>	0,137	
Структура нелесных земель	сельхозугодья, %	<b>0,727</b>	0,273	
	воды, %	<b>0,796</b>	0,204	
	протяженность дорог и просек на 1 кв.км. лесного фонда	<b>0,654</b>	0,346	
	усадыбы и пр., %	0,264	<b>0,736</b>	
Структура нелесных земель	болота, %	<b>0,779</b>	0,221	
	пески, %	0,447	<b>0,553</b>	
	прочие, %	<b>0,642</b>	0,358	
	всего нелесных земель, %	<b>0,863</b>	0,137	
Структура площадей по типам лесов на покрытых лесом землях	светлохвойные, %	<b>0,833</b>	0,167	
	темнохвойные, %	<b>0,679</b>	0,321	
	твердолиственные, %	<b>0,780</b>	0,220	
	мягколиственные, %	<b>0,698</b>	0,302	
Средневзвешенные таксационные показатели насаждений по типам лесов	бонитет	хвойные	0,454	<b>0,546</b>
		тв.листв.	<b>0,684</b>	0,316
		м.листв.	<b>0,516</b>	0,484
	полнота	хвойные	0,239	<b>0,761</b>
		тв.листв.	<b>0,792</b>	0,208
		м.листв.	0,337	<b>0,663</b>

Таблица 3

**Факторные нагрузки по четырем главным компонентам после  
«варимакс» - вращения системы координат**

Переменные		Факторные нагрузки после вращения по номерам главных компонент				
		1	2	3	4	
Северная широта		-0,212	<b>-0,792</b>	-0,286	-0,185	
Восточная долгота		0,404	<b>-0,789</b>	0,087	0,069	
Класс продуктивности почв	первый	<b>0,696</b>	0,324	<b>0,514</b>	-0,248	
	второй	<b>0,917</b>	0,154	0,332	0,020	
	третий	<b>-0,895</b>	-0,184	-0,366	0,023	
	четвертый	<b>-0,924</b>	-0,141	-0,317	-0,037	
Суммарная обеспеченность влагой		<b>0,552</b>	0,377	<b>0,558</b>	-0,347	
Продолжительность весны		<b>0,643</b>	-0,296	-0,278	<b>0,526</b>	
Увлажнение летом		<b>0,951</b>	0,064	0,223	0,142	
Средняя температура наиболее теплого месяца		<b>-0,839</b>	0,173	0,093	-0,416	
Средняя температура наиболее холодного месяца		-0,304	0,401	<b>0,461</b>	<b>-0,579</b>	
Структура лесных земель	всего покрытых лесом, %	-0,059	<b>-0,913</b>	-0,006	-0,051	
	фонд лесовосстановления, %	-0,172	0,021	<b>-0,640</b>	-0,149	
	всего лесных земель, %	-0,162	<b>-0,844</b>	-0,336	-0,111	
Структура нелесных земель	сельхозугодья, %	<b>0,721</b>	0,005	-0,184	0,415	
	воды, %	0,004	0,375	0,054	<b>0,807</b>	
	протяженность дорог и просек на 1 кв.км. лесного фонда	0,248	<b>0,602</b>	-0,292	0,380	
	усады и пр., %	-0,238	0,344	-0,273	0,122	
	болота, %	0,074	<b>0,700</b>	<b>0,498</b>	-0,188	
	пески, %	0,250	0,182	<b>0,568</b>	0,171	
	прочие, %	-0,291	<b>0,620</b>	-0,127	0,397	
	всего нелесных земель, %	0,162	<b>0,844</b>	0,336	0,111	
Структура площадей по типам лесов на покрытых лесом землях	светлохвойные, %	0,224	0,402	<b>0,786</b>	0,058	
	темнохвойные, %	-0,313	<b>-0,608</b>	<b>-0,450</b>	-0,091	
	твердолиственные, %	0,047	-0,027	0,290	<b>0,832</b>	
	мягколиственные, %	-0,013	0,034	<b>-0,835</b>	0,005	
Средневзвешенные таксационные показатели насаждений по типам лесов	бонитет	хвойные	<b>0,532</b>	-0,305	0,277	0,028
		тв.листв.	0,286	0,113	0,191	<b>0,743</b>
		м.листв.	0,309	0,290	<b>0,562</b>	0,146
	полнота	хвойные	-0,294	0,048	-0,095	0,376
		тв.листв.	0,188	0,171	0,189	<b>0,832</b>
		м.листв.	0,115	-0,436	-0,189	0,313

На завершающем этапе факторного анализа необходимым действием является оценка распределения факторных нагрузок на оси главных компонент, с целью определения вклада переменных в формирование факторов и придания сформированным факторам семантического смысла.

В таблице 3, представлены факторные нагрузки на оси главных компонент после ортогонального «варимакс» - вращения системы координат. Максимальные факторные нагрузки обозначены полужирным шрифтом.

Как правило, при выполнении факторного анализа главные компоненты выстраиваются в градуированный порядок, определяемый степенью объясняемой дисперсии переменных. Чем большую долю дисперсии объясняет выявленный компонент, тем более высокое место он занимает, что подтверждает график собственных значений (рисунок 3). Первый главный компонент является всегда наиболее информативным. В данном случае на первый фактор приходится 10,4 собственных значений, им объясняется 32,5% дисперсии всех тридцати двух переменных, используемых в анализе.

Первый главный компонент сформирован следующими переменными:

- 1) доля площадей, занимаемая почвами 1-4-го классов продуктивности;
- 2) суммарная обеспеченность влагой;
- 3) продолжительность весны;
- 4) увлажнение летом;
- 5) средняя температура наиболее теплого месяца;
- 6) доля площадей с/х земель в лесном фонде;
- 7) средневзвешенный бонитет хвойных.

На второй главный компонент приходится 6,2 собственных значений фактора или 19,5% дисперсии переменных. Второй главный компонент представлен следующими переменными:

- 1) доля лесопокрытых площадей;
- 2) доля площади лесного фонда, занимаемая лесными землями;
- 3) протяженность дорог и просек на 1 км<sup>2</sup> площади лесного фонда;
- 4) доля площадей лесного фонда, занимаемая болотами;

- 5) доля площадей лесного фонда, занимаемая прочими землями;
- 6) доля площади лесного фонда, занимаемая нелесными землями;
- 7) доля площадей лесного фонда, занимаемая темнохвойными лесами.

На третий главный компонент приходится 4,434 собственных значений фактора или 13,86% дисперсии переменных. Третий главный компонент представлен следующими переменными:

- 1) доля площадей, занимаемая почвами 1-го класса продуктивности;
- 2) суммарная обеспеченность влагой;
- 3) средняя температура наиболее холодного месяца;
- 4) доля площадей, занимаемая фондом лесовосстановления;
- 5) доля площадей лесного фонда, занимаемая болотами;
- 6) доля площадей лесного фонда, занимаемая песками;
- 7) доля площадей лесного фонда, занимаемая светлохвойными лесами;
- 8) доля площадей лесного фонда, занимаемая темнохвойными лесами;
- 9) доля площадей лесного фонда, занимаемая мягколиственными лесами;
- 10) средневзвешенный бонитет мягколиственных.

На четвертый главный компонент приходится 2,118 собственных значений фактора или 6,62% дисперсии переменных. Четвертый главный компонент представлен следующими переменными:

- 1) продолжительность весны;
- 2) средняя температура наиболее холодного месяца;
- 3) доля площадей лесного фонда, занимаемая водными объектами;
- 4) доля площадей лесного фонда, занимаемая твердолиственными лесами;
- 5) средневзвешенный бонитет твердолиственных;
- 6) средневзвешенная полнота твердолиственных.

Таким образом, основная цель факторного анализа – устранение явления мультиколлинеарности между переменными, достигнута.

Далее стандартизированные значения факторов для лесничеств приведённые в таблице 4 использованы при кластерном и дискриминантном ана-

лизах. При факторизации переменных, было выполнено важное условие (третье условие Гаусса-Маркова), при котором должны отсутствовать парные корреляции между главными компонентами [105].

Таблица 4

**Стандартизированные значения факторов для многомерной классификации лесничеств**

№ лесничества	Таблица значений факторов			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
1	-0,571	0,272	-0,591	-0,525
2	-0,483	-1,369	0,031	-0,081
3	-0,569	0,493	-0,643	-0,513
4	-0,513	-0,895	-0,001	0,015
5	-1,446	2,013	0,282	2,26
6	-0,548	-0,72	-0,313	-0,138
7	-0,764	-0,311	0,649	0,01
8	-0,877	0,497	-0,253	0,159
9	-0,384	1,023	-1,065	-0,176
10	-0,852	-1,205	-0,219	-0,342
11	-0,775	0,127	-0,506	-0,253
12	-0,298	0,281	-0,495	-0,471
13	-0,721	-1,71	0,779	-0,662
14	-0,75	1,138	-0,411	-0,257
15	-0,634	-0,318	0,365	-0,545
16	0,977	0,43	2,172	-1,204
17	1,569	1,293	-0,678	-1,22
18	0,899	1,461	2,196	-0,612
19	1,26	0,026	1,068	0,074
20	0,718	-1,092	1,326	2,946
21	1,887	-0,392	-1,671	-0,078
22	1,296	-1,327	-0,664	-0,131
23	1,579	0,283	-1,359	1,745

Посредством иерархической кластеризации (агломеративная стратегия) удалось установить, что скачок коэффициента наблюдается на границе между 13-м и 14-м шагами объединения, что подтверждает таблица агломерации кластеров (таблица 5).

Таблица 5

**Таблица агломерации кластеров**

Порядок агломерации (кластеров)						
Этап	Объединенный кластер		Коэффициенты	Этап первого появления кластера		Следующий этап
	Кластер 1	Кластер 2		Кластер 1	Кластер 2	
1	1	3	0,03	0	0	2
2	1	12	0,09	1	0	5
3	4	6	0,17	0	0	7
4	2	10	0,32	0	0	7
5	1	11	0,47	2	0	9
6	7	15	0,67	0	0	14
7	2	4	0,95	4	3	13
8	9	14	1,24	0	0	11
9	1	8	1,72	5	0	11
10	16	18	2,43	0	0	15
11	1	9	3,33	9	8	19
12	21	22	4,45	0	0	16
<b>13</b>	2	13	<b>5,69</b>	7	0	14
<b>14</b>	2	7	<b>7,06</b>	13	6	19
15	16	19	9,16	10	0	20
16	21	23	12,34	12	0	17
17	17	21	17,17	0	16	21
18	5	20	25,12	0	0	20

Таким образом, делаем вывод о том, что на территории Костромской области, необходимо выделить шесть кластеров. Визуализация процесса объединения представлена на рисунке 5. Анализ дендрограммы подтверждает появление характерного скачка коэффициента между 13-м и 14-м шагами объединения. Пятое и двадцатое наблюдение должны выступить отдельными кластерами, т.к. в данном случае нельзя допустить объединения настолько удаленных друг от друга объектов.

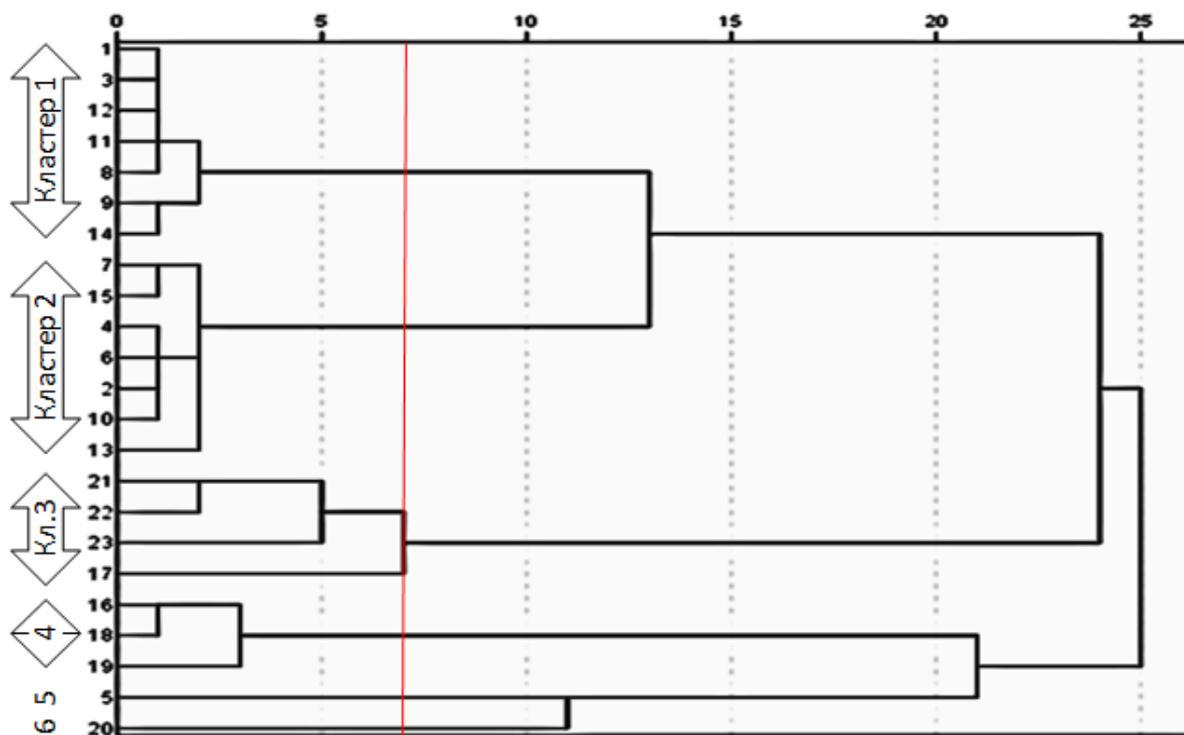


Рис. 5. Дендрограмма иерархической кластеризации (агломеративная стратегия)

Принадлежность отдельно взятых наблюдений конкретным кластерам была определена методом итеративной кластеризации (метод  $k$ -средних) (таблица 6). Путем последовательного запуска алгоритма выявлена наилучшая инициализация центров кластеров, что подтверждается результатами дискриминантного анализа.

Таким образом, схожие по комплексу ресурсно-экологических показателей лесничества, были сгруппированы (объединены) в следующие кластеры:

- 1-й кластер: Костромское;
- 2-й кластер: Солигаличское, Буйское, Галичское, Парфеньевское, Антроповское, Судиславское и Островское;
- 3-й кластер: Чухломское, Кологривское, Межевское, Павинское, Вохомское, Октябрьское и Нейское;
- 4-й кластер: Пыщугское и Поназыревское;
- 5-й кластер: Шарьинское;
- 6-й кластер: Мантуровское, Кадыйское и Макарьевское.

Таблица 6

Результат итеративной кластеризации (метод *k*-средних)

№ лесничества	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Номер кластера	Расстояние до центра кластера
1	-0,571	0,272	-0,591	-0,525	1	0,094
2	-0,483	-1,369	0,031	-0,081	0	0,139
3	-0,569	0,493	-0,643	-0,513	1	0,060
4	-0,513	-0,895	-0,001	0,015	0	0,089
5	-1,446	2,013	0,282	2,26	5	0,000
6	-0,548	-0,72	-0,313	-0,138	0	0,146
7	-0,764	-0,311	0,649	0,010	0	0,218
8	-0,877	0,497	-0,253	0,159	1	0,159
9	-0,384	1,023	-1,065	-0,176	1	0,195
10	-0,852	-1,205	-0,219	-0,342	0	0,143
11	-0,775	0,127	-0,506	-0,253	1	0,125
12	-0,298	0,281	-0,495	-0,471	1	0,125
13	-0,721	-1,71	0,779	-0,662	0	0,279
14	-0,75	1,138	-0,411	-0,257	1	0,170
15	-0,634	-0,318	0,365	-0,545	0	0,186
16	0,977	0,43	2,172	-1,204	4	0,368
17	1,569	1,293	-0,678	-1,220	4	0,461
18	0,899	1,461	2,196	-0,612	4	0,436
19	1,26	0,026	1,068	0,074	4	0,260
20	0,718	-1,092	1,326	2,946	2	0,000
21	1,887	-0,392	-1,671	-0,078	3	0,204
22	1,296	-1,327	-0,664	-0,131	3	0,324
23	1,579	0,283	-1,359	1,745	3	0,361

После проведения кластеризации лесничеств в системе координат факторов и последующей классификации объектов следует осуществить переход к системе координат дискриминантных функций. Предварительно принадлежность объектов к заданным классам устанавливается с помощью «классифицирующих функций», предложенных Р. Фишером. Коэффициенты функций классификации для отдельного класса представлены в таблице 7. Матрица классифицированных объектов по результатам построения «классифицирующих функций» представлена в таблице 8.

Таблица 7

**Коэффициенты линейных дискриминантных функций Р. Фишера**

Коэффициенты функции классификации	Класс объектов					
	0	1	2	3	4	5
1	-27,012	-33,649	51,347	58,207	64,208	-58,175
2	-2,901	2,046	-6,507	-3,295	4,296	5,192
3	-6,739	-9,187	14,409	10,903	19,283	-12,772
4	-1,055	-2,935	15,612	5,086	-2,126	5,567
(Константа)	-10,764	-14,929	-57,686	-43,609	-53,494	-54,919

Таблица 8

**Матрица классификации объектов с использованием дискриминантных функций Р. Фишера**

№ лесничества	Класс объекта					
	0	1	2	3	4	5
1	8,412	<b>11,817</b>	-105,500	-86,863	-99,278	-15,660
2	<b>6,143</b>	-1,510	-74,418	-67,309	-89,648	-34,754
3	8,041	<b>12,626</b>	-107,362	-87,952	-99,197	-13,920
4	<b>5,691</b>	0,481	-78,007	-70,477	-90,354	-29,605
5	18,178	28,629	-105,693	-119,854	-137,073	<b>48,649</b>
6	<b>8,376</b>	5,312	-87,799	-77,240	-97,499	-23,560
7	<b>6,393</b>	4,155	-85,394	-79,935	-91,395	-20,315
8	13,019	<b>17,454</b>	-107,118	-98,244	-112,878	2,792
9	4,012	<b>10,398</b>	-102,171	-81,859	-93,940	-14,622
10	<b>17,584</b>	14,291	-102,089	-93,360	-116,875	-10,714
11	13,470	<b>16,788</b>	-109,526	-95,921	-111,908	-4,137
12	0,297	<b>1,598</b>	-89,292	-69,662	-79,954	-32,431
13	<b>9,113</b>	0,609	-82,669	-74,798	-90,688	-35,501
14	9,239	<b>17,171</b>	-113,540	-96,813	-104,150	-1,547
15	<b>5,393</b>	3,996	-91,419	-78,248	-87,357	-27,394
16	-51,763	-63,335	2,161	29,383	<b>55,513</b>	-143,952
17	-51,042	-55,271	-14,353	29,861	<b>42,327</b>	-137,619
18	-53,435	-60,562	1,043	24,724	<b>54,142</b>	-131,077
19	-52,165	-67,322	23,417	41,699	<b>47,993</b>	-141,346
20	-39,050	-62,171	<b>51,416</b>	31,255	7,260	-102,927
21	-49,252	-63,640	16,449	<b>48,895</b>	33,917	-145,814
22	-37,309	-54,767	5,879	<b>28,292</b>	11,492	-129,450
23	-46,919	-60,116	29,206	<b>41,419</b>	19,189	-118,231

Анализируя данные в таблице 8 необходимо отметить, что максимальные значения строк для конкретных респондентов указывают на принадлежность объектов к определенному классу. В нашем случае принадлежность объектов идентична, так как результат кластеризации во всех случаях согласуется с результатами расчета при использовании дискриминантных функций Р. Фишера.

Однако приоритет при выборе инструмента подтверждения достоверности классификации отдают каноническим дискриминантным функциям. Для этого следует осуществить переход из системы координат факторов к системе координат дискриминантных функций и подтвердить достоверность классификации объектов расчетом рассмотренных ранее критериев качества. В таблице 9 приводятся коэффициенты канонических дискриминантных функций.

*Таблица 9*

**Расчетные значения коэффициентов канонических дискриминантных функций для компонентов уравнения**

Коэффициенты канонических дискриминантных функций				
Фактор	Функция			
	1	2	3	4
1	6,668	-0,043	-0,206	-0,312
2	-0,004	1,370	1,185	-0,590
3	1,721	0,428	0,646	1,231
4	0,250	-1,792	1,065	-0,150
(Константа)	0,000	0,000	0,000	0,000

Путем подстановки коэффициентов в уравнение канонической дискриминантной функции, вычисляются координаты лесничеств (дискриминантные баллы) в системе дискриминантных функций. Результат расчета дискриминантных баллов представлен в таблице 10.

Визуализация расположения объектов в трехмерном пространстве с цветовой идентификацией по классам представлена на рисунке 6.

**Дискриминантные баллы, определенные посредством построения дискриминантных функций**

№ лесничества	№ класса	Предсказанный класс	Дискриминантные баллы (координаты лесничеств в системе канонических дискриминантных функций)			
			Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4
1	1	1	-4,958	1,085	-0,502	-0,631
2	0	0	-3,185	-1,697	-1,590	1,009
3	1	1	-5,029	1,343	-0,260	-0,828
4	0	0	-3,418	-1,231	-0,940	0,685
5	5	5	-8,602	-1,112	5,273	-0,727
6	0	0	-4,223	-0,849	-1,090	0,232
7	0	0	-3,974	-0,133	0,218	1,219
8	1	1	-6,246	0,326	0,775	-0,354
9	1	1	-4,444	1,277	0,417	-1,769
10	0	0	-6,139	-1,095	-1,758	0,759
11	1	1	-6,100	0,443	-0,286	-0,418
12	1	1	-2,957	1,030	-0,426	-0,612
13	0	0	-3,623	-0,792	-2,080	2,293
14	1	1	-5,779	1,875	0,965	-0,904
15	0	0	-3,733	0,726	-0,591	0,916
16	4	4	9,949	3,637	0,429	2,295
17	4	4	8,986	3,601	-0,527	-1,905
18	4	4	9,614	4,001	2,313	1,652
19	4	4	10,262	0,307	0,540	0,895
20	2	2	7,815	-6,239	2,551	1,612
21	3	3	9,688	-1,193	-2,015	-2,404
22	3	3	7,472	-1,922	-2,408	-0,420
23	3	3	8,625	-3,389	0,992	-2,594

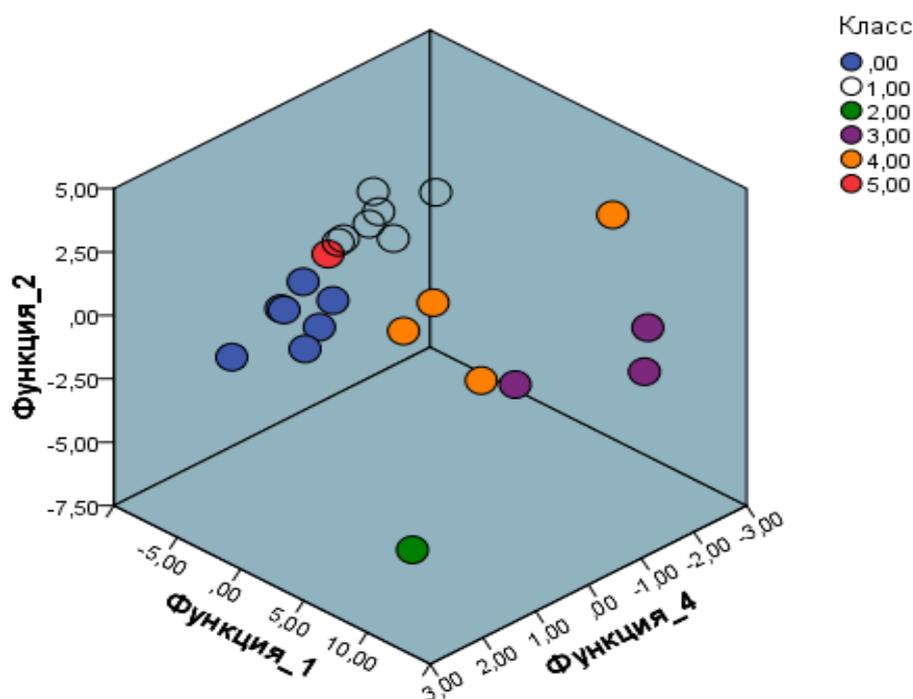


Рис. 6. Расположение объектов в системе координат дискриминантных функций

Статистическая достоверность классификации лесничеств подтверждается значениями критериев, результат расчета которых представлен в таблицах 11-12.

Таблица 11

**Собственные значения дискриминантных функций**

Функция	Собственное значение	% дисперсии переменных, объясняемый функцией	Суммарный % объясняемой дисперсии переменных	Каноническая корреляция
1	60,46	85,5	85,5	0,992
2	5,826	8,2	93,7	0,924
3	2,88	4,1	97,8	0,862
4	1,567	2,2	100	0,781

Три из трех рассчитанных дискриминантных функций достоверно разделяют объекты в многомерном пространстве, на что указывают высокие значения коэффициентов канонической корреляции, подтверждающие наличие сильной взаимосвязи между отдельно взятой дискриминантной функцией и классами объектов в многомерном пространстве. Рассматриваемые функции в сумме объясняют 100% дисперсии рассматриваемых факторов. Высокие собственные значения были получены с учётом целевой функции.

Таблица 12

**Параметры Лямбда - статистики Уилкса и Хи-квадрат Пирсона**

Критерий для функций	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат расч.	Хи-квадрат табл. 0,01	Число степеней свободы	Значимость
От 1 до 4	0,000	141,741	37,566	20	0,000
От 2 до 4	0,015	71,728	26,217	12	0,000
От 3 до 4	0,100	39,076	16,812	6	0,000
4	0,390	16,028	9,210	2	0,000

Низкие значения Лямбда – статистики указывают на высокую разделятельную способность системы. Четыре из четырех дискриминантных функций имеют высокую статистическую значимость. Расчетные значения критерия Хи-квадрат оказались больше табличного на 1%-ом уровне значимости

при соответствующем числе степеней свободы, что позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между классами объектов.

Различия являются достоверными на основании всех рассмотренных критериев. Путем последовательного применения факторного, кластерного и дискриминантного анализов были определены группы типичных ресурсно-экологических лесных районов на территории Костромской области.

Аналогичным образом было выполнена классификация лесничеств всех субъектов РФ Центрального федерального округа, за исключением г. Москвы. Всего на территории ЦФО было выделено семьдесят семь ресурсно-экологических лесных района.

Тематические карты – схемы контуров лесных районов представлены в приложении.

#### 4. МЕТОДИКА ВЫБОРОЧНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ

##### 4.1. Порядок работ и достоверность инвентаризации насаждений

В качестве примера для расчета необходимого объема работ при выборочной инвентаризации лесов был взят 5-й лесной район, представленный Шарьинским лесничеством. Информация на объект предоставлена филиалом ФГБУ «Рослесинфорг» «Центрлеспроект» в виде повыдельной картографической электронной подосновы, не имеющей координатной привязки, а также электронной базы данных, содержащей атрибутивную информацию на повыдельном уровне.

Схема технологии выборочной инвентаризации лесов для отдельно взятого лесного района представлена на рисунке 10.

На начальном этапе выполняется внесение актуальной информации об изменениях, произошедших в лесном фонде объекта работ (в частности лесного района) за ревизионный период. Опираясь на материалы дистанционного зондирования Земли (срок давности: материалы, получаемые перед полевым сезоном) на электронные карты наносятся контуры:

- вырубок;
- посадок лесных культур;
- погибших по тем или иным причинам лесных насаждений.

В информацию о лесном фонде объекта инвентаризации вносятся текущие изменения в соответствии с лесоустроительной инструкцией [76].

По актуальным материалам лесоустройства осуществляется организация типических выборок, посредством дифференциации генеральной совокупности выделов по категориям земель, типу лесорастительных условий, преобладающей породе и классам возраста.

Генеральная совокупность выделов по Шарьинскому лесничеству составляет - 68224 шт., общей площадью - 353356 га. Из общей совокупности выделов были отобраны покрытые лесом земли, насчитывающие 57382 выдела, общей площадью – 339619,4 га. Наиболее представленным типом лесорастительных условий по количеству выделов и их площади, является тип лесорастительных условий – С<sub>3</sub> (субори сложные мезо-гигрофильные), что продемонстрировано на рисунке 7. Общее количество выделов, покрытых лесом и имеющих указанный тип лесорастительных условий составило – 21032 шт., общей площадью 140182,9 га. Генеральная совокупность лесопокрытых площадей, имеющих ТЛУ – С<sub>3</sub>, была дифференцирована по классам возраста (рисунок 8) и в разрезе классов возраста по преобладающим породам (рисунок 9). Общее число типических выборок в соответствии с данной формой их организации, составило - 76 шт.

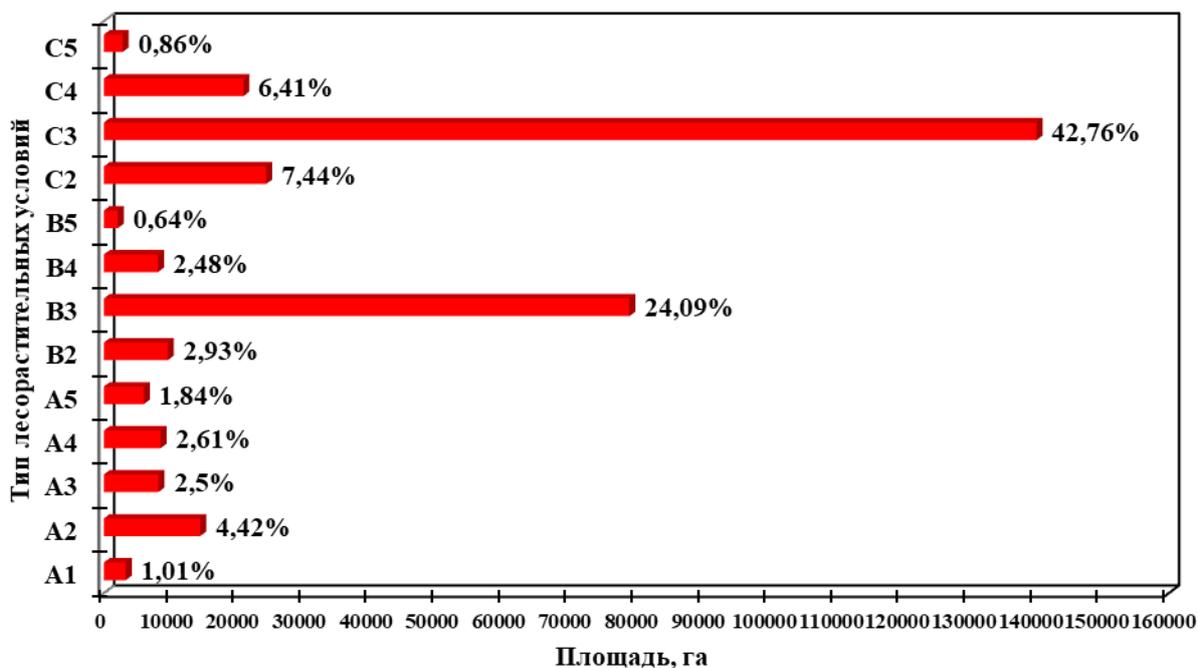


Рис. 7. Структура площадей Шарьинского лесничества по ТЛУ

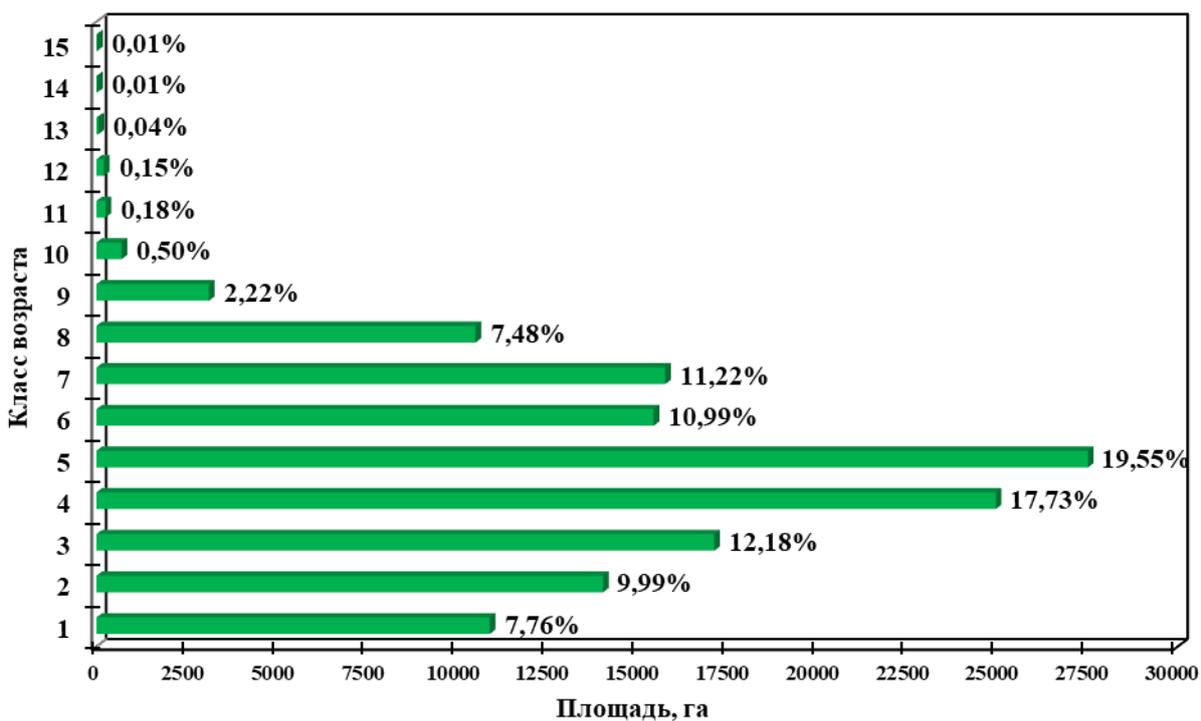


Рис. 8. Структура площадей насаждений в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> по классам возраста

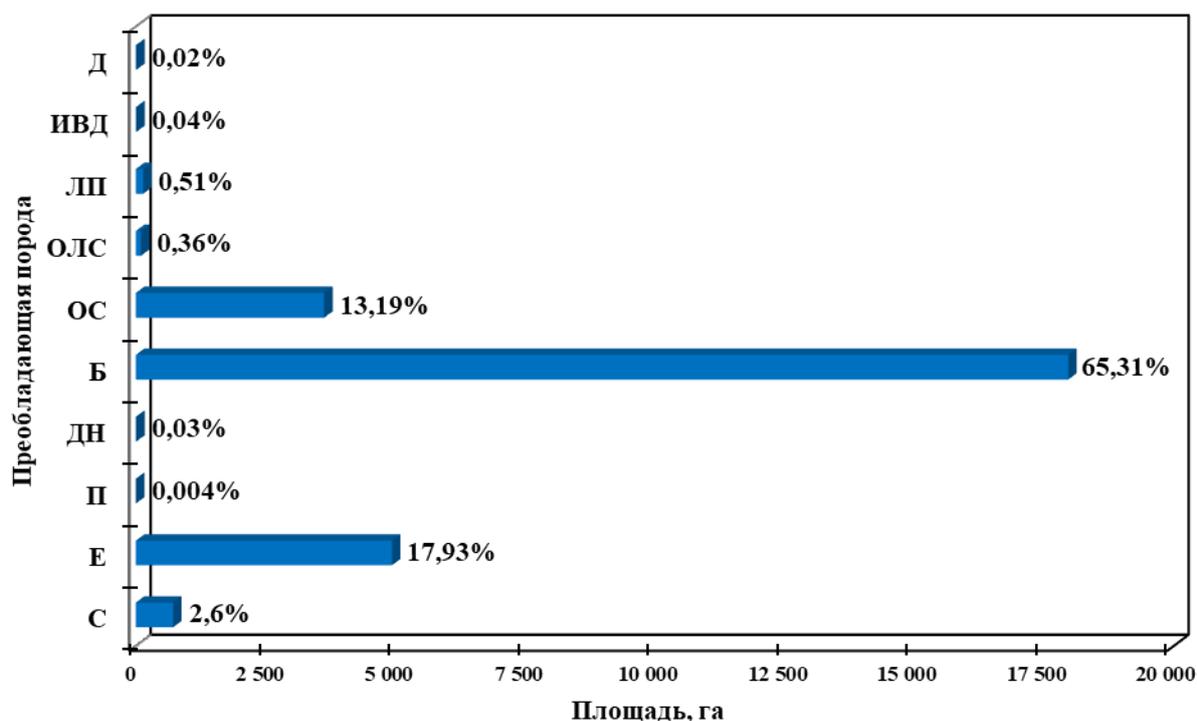


Рис. 9. Структура площадей насаждений по преобладающим породам в разрезе ТЛУ – С3 (V-й класс возраста)

В разрезе сформированных типических выборок выполняется расчёт следующих таксационных показателей:

- 1) средневзвешенный возраст древостоя, лет;
- 2) средневзвешенный класс бонитета;
- 3) средневзвешенная относительная полнота 1-го яруса, ед.;
- 4) средневзвешенный запас древостоя на 1 га, куб.м/га;
- 5) среднее число стволов древостоя на 1 га, шт.;
- 6) средневзвешенная формула состава древостоя.

Обязательным условием при расчете средневзвешенных таксационных показателей является учёт площадей выделов. Достоверно средняя величина таксационного показателя может быть определена с использованием следующей формулы:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (11)$$

где:

n – количество выделов;

$x_i$  – значение таксационного показателя, в единицах измерения;

$a_i$  – площадь выдела.



**Рис. 10. Концептуальная схема технологии выборочной инвентаризации лесов дистанционными методами зондирования Земли**

С целью получения информации о числе стволов на 1 га, осуществляется компьютерное моделирование с применением программного продукта «Система лесоводственно - таксационных нормативов для инвентаризации древостоев по элементам леса», разработанного В.К. Хлюстовым, М.М. Устиновым и Д.В. Хлюстовым (авт. свидетельство №2011615418 от 12.07.2011). Данная разработка получила высокую оценку НТС Рослесхоза, была доложена на Всероссийских совещаниях по лесоустройству в России Вологда (2011), Казань (2012), Новосибирск (2013), за рубежом на Российско-Финляндском Лесном форуме для лидеров Киркконумми (Финляндия (2011), Вена (Австрия (2012), на многих научно-практических конференциях и региональных совещаниях.

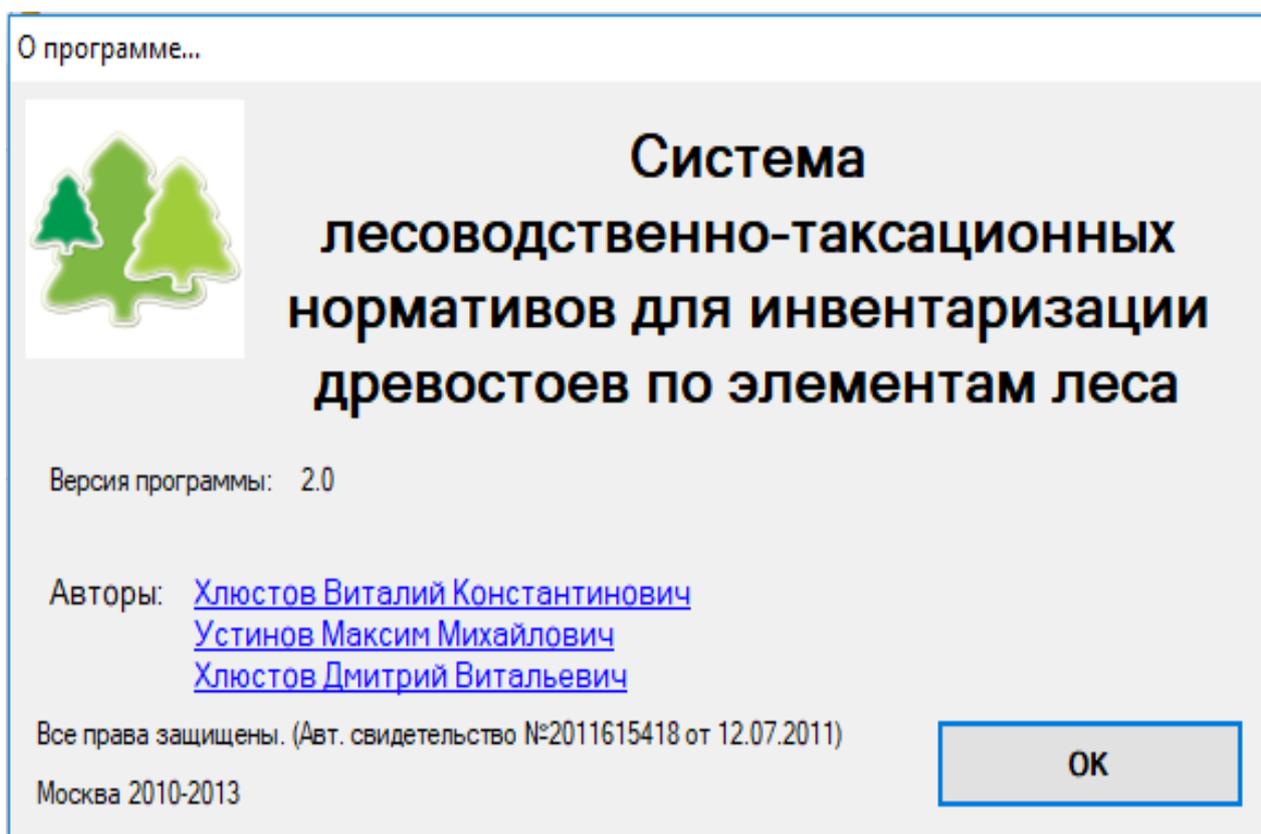


Рис. 11. Сведения о программном продукте и разработчиках ИСС ЛТН (информационно-справочная система лесотаксационных нормативов)

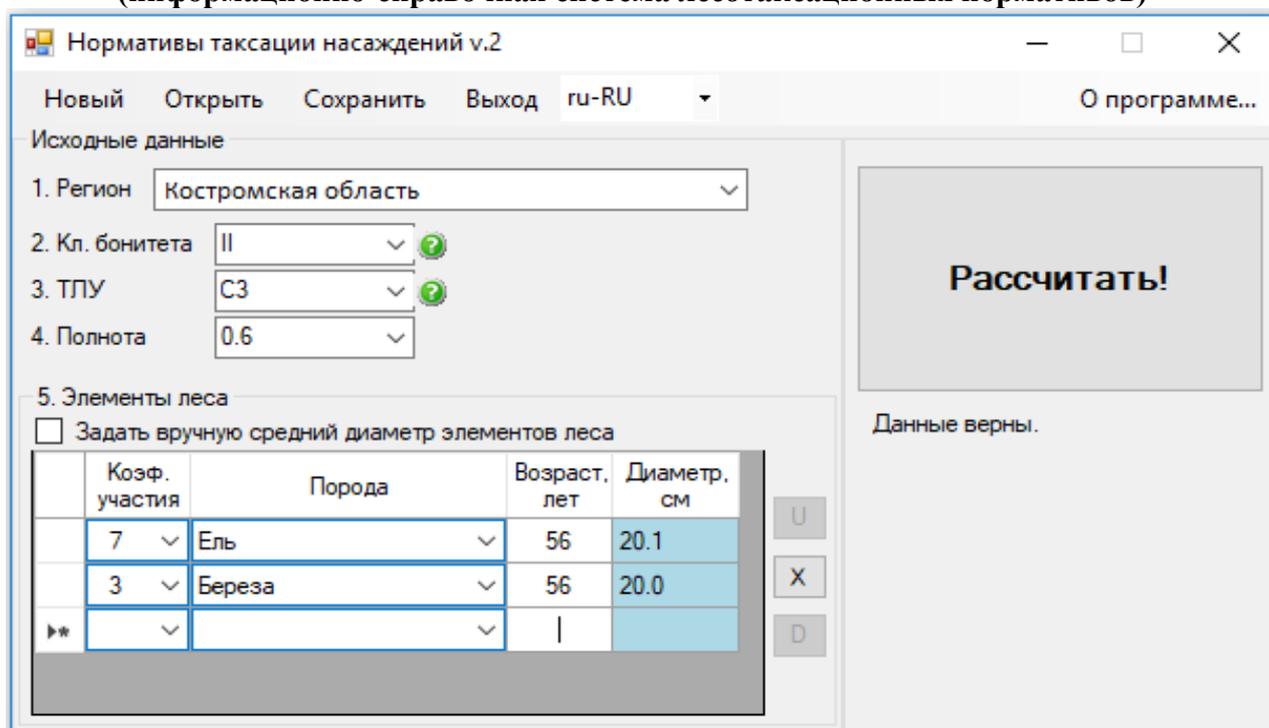


Рис. 12. Интерфейс ИСС ЛТН (информационно-справочная система лесотаксационных нормативов)

Программный продукт в качестве входной информации для расчета числа стволов требует указать регион объекта инвентаризации и ввести таксационные показатели, определенные для сформированной типической выборки. Перечень таксационных показателей следующий: бонитет, тип лесорастительных условий, относительная полнота, породный состав, возраст по элементам леса. Указанные характеристики без особых затруднений могут быть получены путем формирования SQL-запросов в ГИС TopoL - L2. Число стволов рассчитывается отдельно по каждой породе, участвующей в формуле состава древостоя, общее же число стволов на 1 га для древостоя определяется их суммированием.

Определив число стволов на 1 га можно осуществить переход к выявлению среднего размера пробной площади. Для этого воспользуемся требованиями к закладке пробных площадей, представленными в «Общесоюзных нормативах для таксации лесов». Так, в соответствии с правилами закладки пробных площадей, в древостоях разных возрастных групп размер пробной площади должен обеспечивать минимально необходимое число деревьев, подлежащих сплошному перечёту. Минимальное число деревьев на пробах по возрастным группам следующее: в молодняках – 300 шт., средневозрастных – 250 шт., приспевающих и спелых – 150-200 шт., перестойных – 120-150 шт. Указанное число стволов на пробных площадях обеспечивает необходимую репрезентативность и необходимую точность определения лесотаксационных показателей.

При расчёте среднего размера пробной площади была использована формула:

$$\bar{a} = \frac{n_t}{N_i} \quad (12)$$

где:

$n_t$  – необходимое число стволов для достижения точности определения запаса на 1 га, в соответствии с общесоюзными нормативами для таксации лесов (по возрастной группе);

$N_i$  – число стволов на 1 га, полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН.

С целью достижения выборочной совокупностью свойства репрезентативности осуществляется расчёт необходимого числа пробных площадей на объекте работ, а также определяется их пространственное размещение.

Обязательным условием определения необходимого объёма выборки, является учёт изменчивости целевого таксационного показателя при инвентаризации – запаса древостоя на 1 га. Дисперсия запасов на 1 га определяется по формуле:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (13)$$

где:

$n$  – число выделов в генеральной совокупности, ед.;

$x_i$  – запас древесины на 1 га, куб.м.;

$\bar{x}$  – средневзвешенная величина запаса на 1 га, по типической выборке, куб.м/га.

Расчет необходимого числа проб выполняется по формуле, предложенной и использованной в работах В.С. Немчинова (Немчинов, 1945), М.Г. Здорика [27], В.М. Гусарова [20], В.А. Кудели [54], имеющей вид:

$$n = \frac{t^2 * \sigma^2 * N}{P^2 * (N - 1) + t^2 * \sigma^2} \quad (14)$$

где:

$t$  – значение  $t$ -критерия Стьюдента (1,96) для 95-ти процентного уровня доверительной вероятности;

$\sigma$  – стандартное отклонение, куб.м/га;

$N$  – число выделов в генеральной совокупности объектов, ед.;

$\pm P$  – допустимая абсолютная погрешность определения запаса, куб.м/га.

С целью сравнения предлагаемой нами и действующей методики государственной инвентаризации лесов осуществлён расчёт необходимого числа пробных площадей.

В разрезе типа лесорастительных условий  $C_3$  (влажные сложные субори), максимальную площадь имеют древостои, относящиеся к 5-му классу возраста. Генеральная совокупность выделов V класса возраста насчитывает 3454 выдела общей площадью 27510,4 га.

В рамках указанной совокупности выполнена дифференциация выделов по преобладающим породам, что в итоге позволило сформировать десять типических выборок (таблица 13).

Таблица 13

**Сведения о количестве выделов и сумме их площадей по типическим выборкам V класса возраста в ТЛУ - С<sub>3</sub>**

Преобладающая порода	Площадь, га	Кол-во выделов в генеральной совокупности, шт.
Сосна	715,8	142
Ель	4933,3	912
Пихта	1,1	2
Дуб низкоствольный	7,3	7
Береза	17968,1	1847
Осина	3629,4	486
Ольха серая	98,5	39
Липа	140,4	14
Ива древовидная	10,6	3
Дуб	5,9	2
Сумма	27510,4	3454

Для рассматриваемых типических выборок (по предлагаемой методике) рассчитаны средневзвешенные таксационные показатели (таблица 14).

Таблица 14

**Сведения о средневзвешенных таксационных показателях по типическим выборкам V класса возраста в ТЛУ - С<sub>3</sub>**

Преобладающая порода	Средневзвешенный возраст древостоя, лет	Средневзвешенный класс бонитета	Средневзвешенная полнота 1-го яруса, ед.	Средневзвешенный запас 1-го яруса, куб.м/га	Средневзвешенный состав древостоя
Сосна	89,9	I,4	0,6	274,8	4.84С2.41Б1.49Е1.15ОС0.09ОЛ С 0.02П
Ель	91,3	II,0	0,6	278,3	5.58Е2.36Б1.21ОС0.48С3П0.05 ЛП0.01ОЛС0.01ДН
Пихта	95,5	II,6	0,6	263,6	6.03П2.52Е0.97ЛП0.48ОС
Дуб низкоствольный	50,0	III,0	0,6	122,7	4.64ДН2.45Б1.62С0.96ОЛС 0.33ОС
Береза	48,0	I,4	0,8	183,9	5.01Б2.76ОС1.42Е0.26ЛП0.24О ЛС 0.17ИВД0.14С
Осина	46,9	I,2	0,8	245,?	5.44ОС2.65Б1.18Е0.27ЛП0.21О ЛС 0.16С0.09ИВД
Ольха серая	46,8	I,7	0,6	133,8	6.28ОЛС2.28Б0.63ОС0.51Е0.21 С 0.09ИВД
Липа	49,0	I,4	0,7	243,7	4ЛП2.78Е2.01Б0.73ОС0.48ИВД
Ива древовидная	45,0	II,8	0,6	108,5	9.91ИВД0.09Б
Дуб	85,0	II,8	0,5	148,3	4.32Д2.84ОС2Б0.84ИВД

Наличие средневзвешенных таксационных показателей позволило посредством компьютерного моделирования определить среднее число деревьев на 1 га по каждой породе формулы состава включительно.

Таблица 15

**Сведения о числе стволов на 1 га, рассчитанных с учетом средневзвешенных величин генеральной совокупности, по типическим выборкам V-го класса возраста в ТЛУ - С<sub>3</sub>**

Преобладающая порода	Средневзвешенный состав древостоя	Число стволов на 1 га										
		С	Е	Б	ОС	ОЛС	ЛП	ИВД	П	Д	ДН	Σ
Сосна	4.84С2.41Б1.49Е1.15ОС0.09ОЛС0.02П	163	53	58	24	3			1			302
Ель	5.58Е2.36Б1.21ОС0.48С0.3П0.05ЛП0.01ОЛС0.01ДН	19	234	70	29	0	1		13			366
Пихта	6.03П2.52Е0.97ЛП0.48ОС		87		9		21		209			326
Дуб низкоствольный	4.64ДН2.45Б1.62С0.96ОЛС0.33ОС	26		160	17	46					247	495
Береза	5.01Б2.76ОС1.42Е0.26ЛП0.24ОЛС0.17ИВД0.14С	15	175	408	182	17	24	7				828
Осина	5.44ОС2.65Б1.18Е0.27ЛП0.21ОЛС0.16С0.09ИВД	16	132	185	336	14	23	3				709
Ольха серая	6.28ОЛС2.28Б0.63ОС0.51Е0.21С0.09ИВД	17	49	146	33	320		3				568
Липа	4ЛП2.78Е2.01Б0.73ОС0.48ИВД		289	139	41		291	16				778
Ива древовидная	9.91ИВД0.09Б			7				347				354
Дуб	4.32Д2.84ОС2Б0.84ИВД			57	61			10		74		203

Достоверно определенные средневзвешенные величины генеральной совокупности позволяют с заданной точностью определить необходимый объем работ для выборочной инвентаризации насаждений (таблица 14).

На основании информации о числе деревьев на 1 га (таблица 15) по формуле 12 произведен расчёт среднего размера пробной площади, посредством выявления отношения необходимого числа деревьев (в соответствии с «Общесоюзными нормативами для таксации лесов») к числу деревьев, полученному в результате компьютерного моделирования (таблица 16).

Таблица 16

**Сведения о средней площади пробы, изменчивости запаса на 1 га и необходимых объёмах обследования площадей типической выборки**

Преобладающая порода	Средняя площадь пробы, га	Дисперсия запаса на 1 га	Количество выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП (при допустимом отклонении по запасу +/- 20%), шт.	Суммарная площадь проб, га
Сосна	0,66	2558,45	142	3	2,12
Ель	0,55	1934,98	912	2	1,31
Пихта	0,61	453,72	2	1	0,47
Дуб низкоствольный	0,40	1688,21	7	4	1,82
Береза	0,24	1346,32	1847	4	0,92
Осина	0,28	1860,76	486	3	0,84
Ольха серая	0,35	958,62	39	5	1,64
Липа	0,26	1571,12	14	2	0,59
Ива древовидная	0,57	403,42	3	2	1,06
Дуб	0,99	71,85	2	0	0,47

После определения необходимой площади обследования, выполнен расчёт на примере типической выборки древостоев с преобладанием сосны (3-10 ед.) 5-го класса возраста, произрастающих в ТЛУ – С<sub>3</sub>, имеющих средний класс бонитета – I,4 и полноту 0,6 ед. Общая площадь выделов составляет 715,8 га.

Требуется определить объём случайной выборки, представленной круговыми площадками постоянного радиуса, площадью 0,05 га. Для решения задачи задаёмся условием, чтобы ошибка определения среднего запаса на 1 га не превышала  $\pm 20\%$  в 95 процентах случаев из 100.

Так, табличное значение t-критерия Стьюдента для второго порогового уровня доверительной вероятности (0,95) составляет – 1,96. Генеральная совокупность насчитывает 142 выдела. Средний запас древостоев на 1 га площади составляет – 274,8 м<sup>3</sup>. Стандартное отклонение запаса на 1 га от средней величины по данным генеральной совокупности равно 50,58 куб.м/га. При допустимой ошибке определения среднего запаса в диапазоне  $\pm 54,96$  куб.м/га выборочная совокупность должна насчитывать от 3 до 4 пробных площадей, размером 0,663 га:

$$n = \frac{1,96^2 * 50,58^2 * 142}{54,96^2 * (142 - 1) + 1,96^2 * 50,58^2} = 3,203 \text{ (Зед.)}$$

Количество пробных площадей площадью 0,05 га определяется посредством отношения суммы площадей необходимого обследования и заданного размера пробной площади. Сумма площадей необходимого обследования составляет 2,12 га. Соответственно количество пробных площадей при расчете составляет 42 ед. (2,12/0,05 = 42,4).

Для получения достоверного результата определения запаса необходимо случайным образом охватить 2,12 га (42\*0,05 = 2,1) генеральной совокупности (715,8 га), что соответствует 0,3% площади выделов генеральной совокупности.

Наряду с результатами, полученными по нашей методике, был произведен расчёт числа пробных площадей по базовой методике ГИЛ. Следует отметить, что по базовой методике расчёт дисперсии осуществляется с учётом веса площади каждого выдела по формуле:

$$s^2 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * w_i \quad (15)$$

где:

n – число выделов в генеральной совокупности, ед.;

$x_i$  – запас древесины на 1 га, куб.м/га;

$\bar{x}$  – средневзвешенная величина запаса на 1 га, по типической выборке, куб.м/га;

$w_i$  – вес выдела, который рассчитывается по нижепредставленной формуле.

$$w_i = \frac{a_i}{\sum_{j=1}^n a_j} * n \quad (16)$$

где:

$a_i$  – площадь отдельно взятого выдела;

n – общее количество выделов генеральной совокупности.

## Сопоставление объемов работ по нашей и базовой методике ГИЛ

Преобладающая порода	Площадь, га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Дисперсия запаса на 1 га (наш метод)	Дисперсия запаса на 1 га (базовый метод)	Число ПП, ед. (наш метод)	Число ПП, ед. (базовый метод)	Сумма площадей проб, га (наш метод)	Сумма площадей проб, га (базовый метод)
Сосна	715,8	142	2558,45	2701,28	42	3	2,12	0,17
Ель	4933,3	912	1934,98	1726,97	26	2	1,31	0,11
Пихта	1,1	2	453,72	446,28	9	1	0,47	0,03
Дуб низкоствольный	7,3	7	1688,21	291,70	36	2	1,82	0,09
Береза	17968,1	1847	1346,32	1001,59	18	3	0,92	0,15
Осина	3629,4	486	1860,76	1356,37	17	2	0,84	0,11
Ольха серая	98,5	39	958,62	882,42	33	5	1,64	0,24
Липа	140,4	14	1571,12	1625,22	12	3	0,59	0,13
Ива древовидная	10,6	3	403,42	87,15	21	1	1,06	0,04
Дуб	5,9	2	71,85	71,85	9	0	0,47	0,02
Итого	27510,4	3454	-	-	225	22	11,23	1,08

Для обоснования методики определения необходимого объема работ при выборочной инвентаризации лесов рассмотрим итоговый результат на примере сформированных типических выборок в древостоях 5-го класса возраста в ТЛУ- СЗ.

По нашей методике необходимо для получения достоверного результата определения запаса генеральной совокупности случайным образом охватить 11,23 га древостоев генеральной совокупности (27510,4 га), что соответствует – 0,04 % площади выделов генеральной совокупности.

Результат расчёта по базовой методике ГИЛ является недостоверным в связи с тем, что в методике изначально задан размер пробной площади, соответствующей 0,05 га, что в итоге приводит к значительному занижению необходимой площади обследований. При использовании базовой методики ГИЛ на рассмотренном примере показано, что объём необходимых обследований оказался заниженным в десять раз, что в итоге приводит к недостоверным результатам самой государственной инвентаризации лесов. Доля пробных площадей от общей площади типической выборки генеральной совокупности составила всего 0,004%, что явно недостаточно для получения достоверного результата.

Далее рассмотрим результаты предложенной нами методики по величине отклонений запаса и коэффициента состава преобладающей породы.

В таблицах 18-19 показаны отклонения фактических значений средневзвешенного запаса выборочной совокупности, не превышающие допустимых отклонений от средних значений генеральной совокупности.

Таблица 18

**Допустимые и фактические отклонения средневзвешенных значений запаса на 1 га по ярусу и коэффициента преобладающей породы в формуле состава древостоя**

Преобладающая порода	Площадь типической выборки, га	Минимально необходимая площадь обследований, га	Допустимые отклонения в соответствии с лесоустройственной инструкцией 2018 г.		Отклонения по нашей методике	
			коэффициент преобладающей породы в составе древостоя, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	коэффициент преобладающей породы в составе древостоя, ед.	запас на 1 га, куб.м.
Сосна	715,8	2,12	1,5	55,0	0	6,7
Ель	4933,3	1,31	1,5	55,6	0	-4,8
Пихта	1,1	0,47	1,5	52,7	0	7,9
Дуб низкоствольный	7,3	1,82	1,5	24,5	0	-1,9
Береза	17968,1	0,92	1,5	36,8	0	-5,7
Осина	3629,4	0,84	1,5	49,0	0	9,0
Ольха серая	98,5	1,64	1,5	26,8	0	-2,8
Липа	140,4	0,59	1,5	48,7	0	11,8
Ива древовидная	10,6	1,06	1,5	21,7	0	-0,4
Дуб	5,9	0,47	1,5	29,7	0	1,2

Таблица 19

**Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных величин полноты насаждения, диаметра и высоты преобладающей породы**

Преобладающая порода	Площадь типической выборки, га	Минимально необходимая площадь обследований, га	Допустимые отклонения по лесоустройственной инструкции 2018 г.			Отклонения по нашей методике		
			высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	715,8	2,1	2,6	3,6	0,2	0,0	-0,8	0,0
Ель	4933,3	1,3	2,4	3,0	0,2	-0,6	-0,5	0,0
Пихта	1,1	0,5	2,6	3,1	0,2	0,3	1,0	0,0
Дуб низкоствольный	7,3	1,8	1,6	2,7	0,2	-0,1	-0,3	0,0
Береза	17968,1	0,9	2,0	2,1	0,2	-0,4	-0,5	0,0
Осина	3629,4	0,8	2,1	2,4	0,2	0,6	1,2	0,0

Преобладающая порода	Площадь типической выборки, га	Минимально необходимая площадь обследований, га	Допустимые отклонения по лесоустроительной инструкции 2018 г.			Отклонения по нашей методике		
			высота, м (±10%)	диаметр, см (±12%)	полнота, ед.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Ольха серая	98,5	1,6	1,9	2,1	0,2	0,1	0,4	0,0
Липа	140,4	0,6	1,9	2,1	0,2	0,5	0,8	0,0
Ива древовидная	10,6	1,1	1,5	1,9	0,2	0,0	0,0	0,0
Дуб	5,9	0,5	2,0	3,1	0,2	-0,2	0,0	0,0

В соответствии с лесоустроительной инструкцией 2018 г. допустимые отклонения основных таксационных показателей насаждений при аналитико-измерительном методе в сочетании с глазомерной таксацией от фактических данных составляют:

- 1) средний для яруса запас на 1 га ± 20%;
- 2) средняя высота преобладающей породы ± 10%;
- 3) средний диаметр преобладающей породы ± 12%;
- 4) коэффициент состава преобладающей породы ± 1,5 ед.;
- 5) полнота лесного насаждения ± 0,2 ед.

С целью подтверждения надёжности предложенной методики была выполнена критериальная оценка нулевой гипотезы ( $H_0$ ) о том, что различия между генеральной и выборочной совокупностями не достоверны.

Для этого используется либо t-критерия Стьюдента, либо T-критерий Крамера-Уэлча.

Расчетное значение t-критерия Стьюдента определяется по формуле:

$$t_{\phi} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) * ((n_1 - 1) * \sigma_1^2 + (n_2 - 1) * \sigma_2^2)}} \quad (17)$$

где:

$\sigma$  – стандартное отклонение, куб.м/га (нижний индекс, является идентификатором выборки);

$n_1$  – число выделов в генеральной совокупности, ед.;

$n_2$  – число выделов в выборочной совокупности, ед.;

$M_1$  – средневзвешенная величина таксационного показателя, по генеральной совокупности выделов;

$M_2$  – средневзвешенная величина таксационного показателя, по выборочной совокупности выделов.

В случае если значение средневзвешенного таксационного показателя по выборочной совокупности является бóльшим по отношению к средневзвешенному значению по генеральной, расчетное значение числителя формулы берется по модулю числа.

Расчетное значение Т-критерия Крамера-Уэлча определяется по формуле:

$$T_{\Phi} = \frac{\sqrt{N_1 * N_2 * |M_1 - M_2|}}{\sqrt{M_1 * \sigma_1^2 + M_2 * \sigma_2^2}} \quad (18)$$

где:

$\sigma$  – стандартное отклонение, куб.м/га (нижний индекс, является идентификатором выборки);

$N_1$  – число выделов в генеральной совокупности, ед.;

$N_2$  – число выделов в выборочной совокупности, ед.;

$M_1$  – средневзвешенная величина таксационного показателя, по генеральной совокупности выделов;

$M_2$  – средневзвешенная величина таксационного показателя, по выборочной совокупности выделов.

В случае если значение средневзвешенного таксационного показателя по выборочной совокупности является бóльшим по отношению к средневзвешенному значению по генеральной, расчетное значение разности средневзвешенных величин берется по модулю числа.

Расчётные значения критериев являются идентичными и во всех случаях оказались меньше табличных на 5%-ом уровне значимости (таблицы 20-21), что указывает на отсутствие существенных различий между генеральной и выборочной совокупностями.

Таблица 20

**Результат критериальной оценки по t-статистике Стьюдента**

Преобладающая порода	Расчетное значение t-критерия Стьюдента по таксационным показателям					Табличное значение $t_{05}$
	запас на 1 га	высота	диаметр	полнота	коэффициент преобладающей породы в составе	
Сосна	0,75	0,09	1,33	0,89	0,94	<b>1,96</b>
Ель	0,55	1,75	1,01	0,24	0,83	<b>1,96</b>
Пихта	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	<b>1,96</b>
Дуб низкоствольный	0,13	0,22	0,20	0,07	0,14	<b>1,96</b>
Береза	0,66	0,95	1,17	0,55	1,11	<b>1,96</b>
Осина	0,85	1,50	1,59	0,82	0,19	<b>1,96</b>
Ольха серая	0,40	0,16	0,78	1,21	0,26	<b>1,96</b>
Липа	0,81	0,85	0,77	0,08	0,48	<b>1,96</b>
Ива древовидная	0,04	0,03	-	0,01	0,04	<b>1,96</b>
Дуб	0,23	0,23	1,28	0,23	-	<b>1,96</b>

**Результат критериальной оценки по Т-статистике Крамера-Уэлча**

Преобладающая порода	Расчетное значение Т-критерия Крамера-Уэлча по таксационным показателям					Табличное значение $T_{05}$
	запас на 1 га	высота	диаметр	полнота	доля преобладающей породы	
Сосна	0,75	0,09	1,33	0,88	0,94	<b>1,96</b>
Ель	0,55	1,75	1,01	0,24	0,83	<b>1,96</b>
Пихта	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	<b>1,96</b>
Дуб низкоствольный	0,13	0,22	0,20	0,07	0,14	<b>1,96</b>
Береза	0,66	0,95	1,17	0,55	1,11	<b>1,96</b>
Осина	0,85	1,50	1,60	0,82	0,19	<b>1,96</b>
Ольха серая	0,40	0,16	0,78	1,21	0,26	<b>1,96</b>
Липа	0,81	0,85	0,77	0,08	0,48	<b>1,96</b>
Ива древовидная	0,04	0,03	-	0,01	0,04	<b>1,96</b>
Дуб	0,23	0,23	0,00	0,23	-	<b>1,96</b>

**4.2. Инвентаризация насаждений средствами ДЗЗ**

Предложенная нами методика выборочной инвентаризации предполагает использование современных технологий по обработке материалов аэрофотосъемки.

Аэрофотосъемка может быть произведена при использовании беспилотных (БПЛА) и пилотируемых летательных аппаратов. Технология фотограмметрической обработки аэрофотоснимков позволяет создавать 3D цифровую модель местности (ЦММ). По разности между цифровой моделью местности (ЦММ) и цифровой моделью рельефа (ЦМР) получаем цифровую модель растительности.

По цифровой модели растительности определяем высоту как отдельно взятых деревьев, так и среднюю высоту древостоя, которая представлена на рисунке 13.

Высота полета БПЛА позволяет производить съемку при наличии низкой облачности, что является критическим препятствием для использования

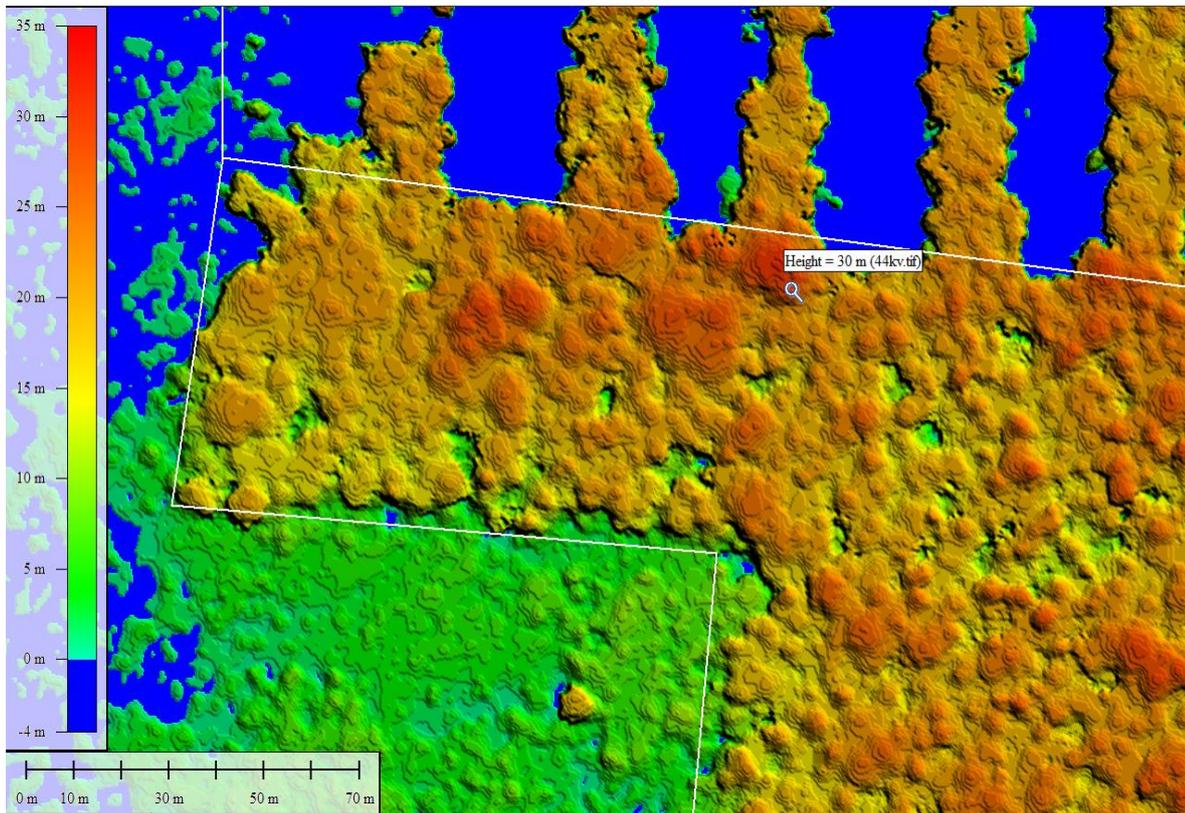
«большой авиации» при проведении аэрофотосъемочных работ. Рабочая высота полета от 200 до 400 м дает возможность получать съемку сверхвысокого разрешения – 10 см/пиксель (рисунок 14).

Использование материалов аэрофотосъемки сверхвысокого разрешения позволяет повысить точность определения дешифровочных показателей. Более точно, по материалам аналитического дешифрирования достоверно определяются породный состав, полнота, средняя высота, средний диаметр и запас древостоя.

В августе 2017 г. на территории Устьянского района Архангельской области на лесном участке общей площадью 23807 га сотрудниками филиала ФГБУ «Рослесинфорг» «Центрлеспроект» проводились лесоустроительные работы. В рамках проводимой работы был апробирован один из элементов предлагаемого методического подхода по государственной инвентаризации лесов. Перед началом работ были определены координаты круговых пробных площадей и произведена съемка лесных насаждений по указанным координатам беспилотным летательным аппаратом - «Геоскан 101».

На следующем этапе произведено аналитико-измерительное дешифрирование и расчет таксационных показателей на пробных площадях. Контроль полученных результатов осуществляется сравнением с материалами инструментальной таксации пробных площадей по указанным координатам. Заложенные круговые пробные площади имеют постоянный радиус 12,62 м, что соответствует площади 500 м<sup>2</sup> или 0,05 га (рисунок 16).

На дешифровочных пробных площадях проведён сплошной реречёт деревьев с использованием программного комплекса Field-Map (Программно-измерительный комплекс государственной инвентаризации лесов). Месторасположение каждого дерева и проекция его кроны картировались (рисунок 15). При таксации деревьев оценивались: древесная порода, высота, диаметр, категория технической годности. У отдельных деревьев были высверлены керны древесины для подсчёта годовичных слоёв и определения возраста.



**Рис. 13. Дешифрирование высотной характеристики лесного полога методами компьютерного зрения**



**Рис. 14. Фрагмент аэрофотоснимка (АФС) сверхвысокого разрешения**

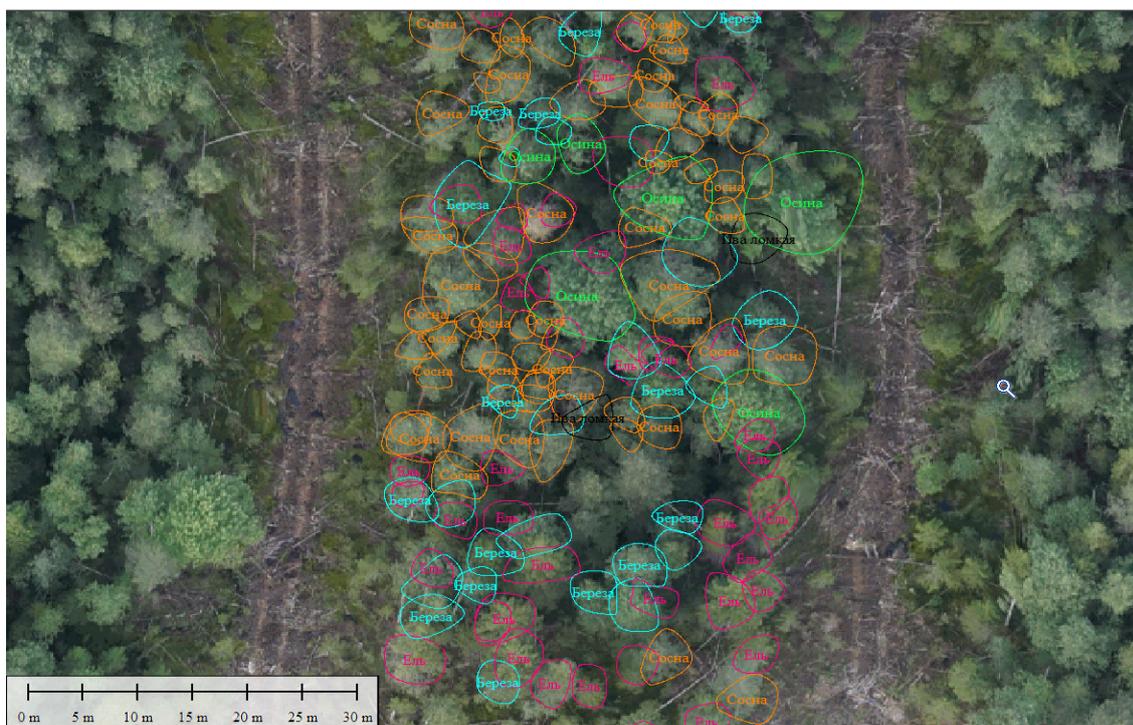


Рис. 15. Трансекта с картированием крон деревьев

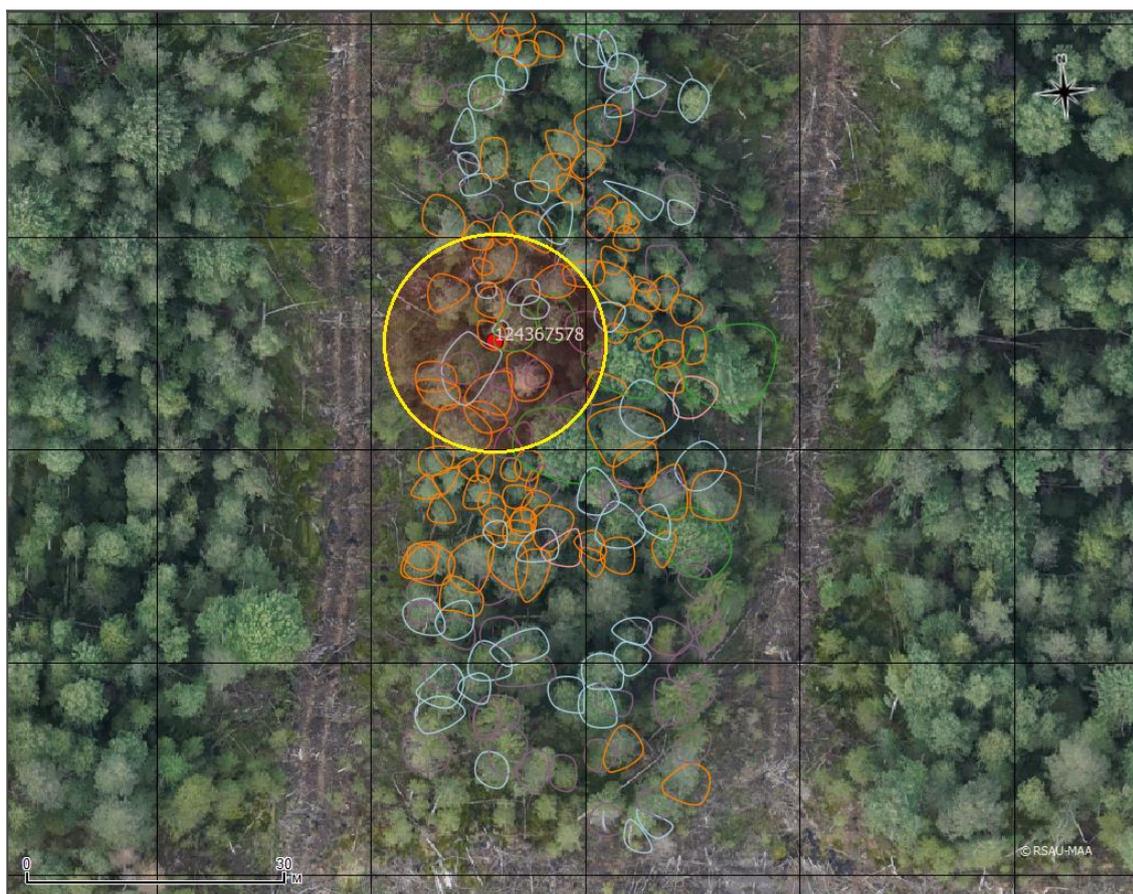


Рис. 16. Размещение круговой пробы постоянного радиуса - 12,62м в трансекте сплошного перечета

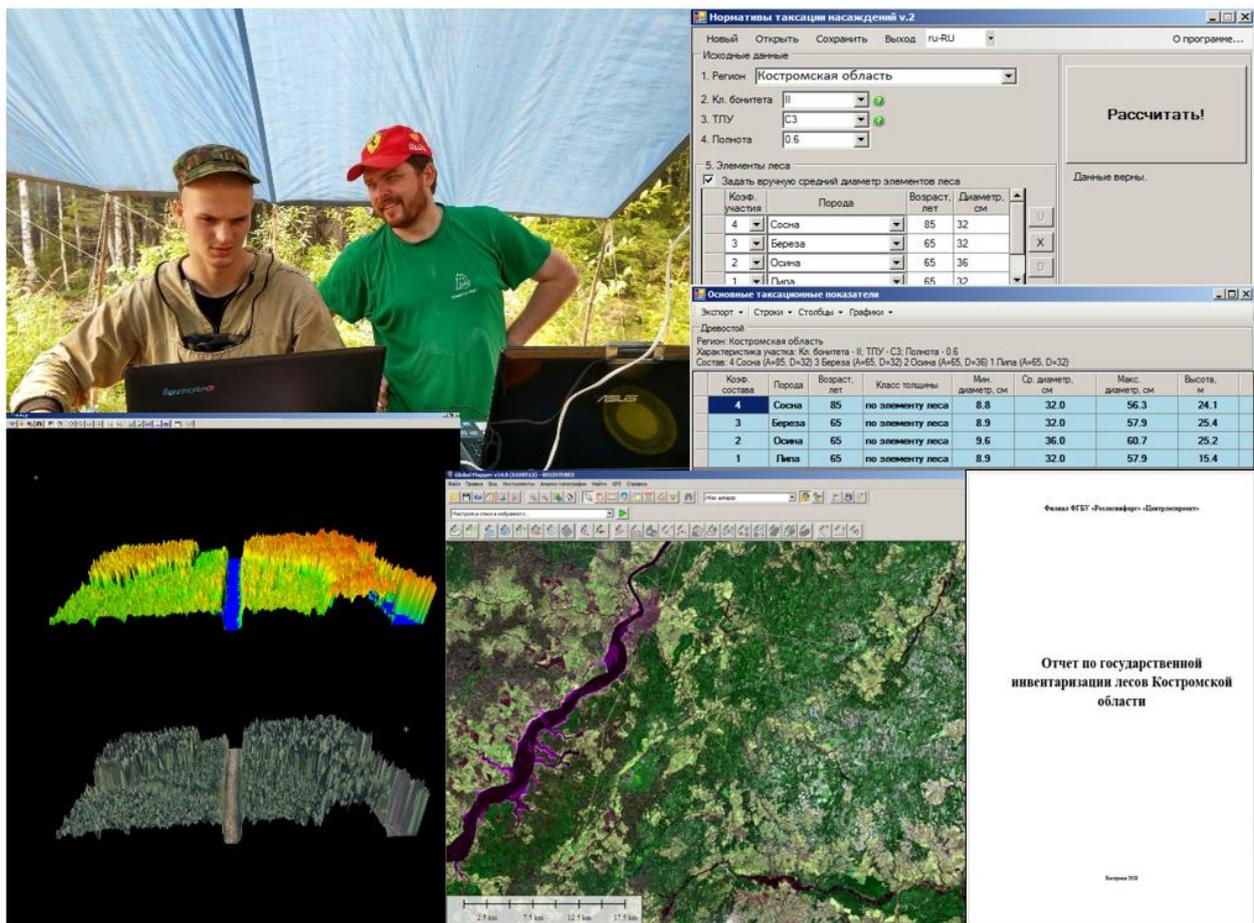


Рис. 17. Рабочий фрагмент камеральной обработки данных выборочной инвентаризации лесов

Сопоставление таксационных показателей, рассчитанных посредством информационно-справочной системы лесотаксационных нормативов с показателями, полученными при сплошном перечете на пробных площадях, а также результатами глазомерно-измерительной (массовой) таксации свидетельствует о высокой надежности предлагаемого нами способа определения таксационных показателей по каждой древесной породе насаждения (таблицы 22-24).

Во всех случаях отклонение запаса, полученного при использовании информационно-справочной системы лесотаксационных нормативов от фактических данных сплошного перечёта деревьев на пробных площадях, соответствуют самому точному – перечислительному методу таксации древостоев (табл. 22).

Таблица 22

**Результат инвентаризации (отклонения по запасу)**

Древесная порода	Запас древостоя по породам, куб.м./га		Отклонение, %	Допустимые ошибки таксации по лесоустроительной инструкции 2018г.		
	по данным перечета	по ИССЛТН		Методы таксации		
				<i>сплошной перечислительный</i>	<i>выборочный измерительно- перечислительный</i>	<i>глазомерно- измерительный</i>
ОС	261,0	274	5	5	5-10	10-15
Б	106,2	112	5,5			
Е (1 ярус)	4,5	4,8	6,7			
Е (2 ярус)	60,5	60,1	-0,7			

Таблица 23

**Результат инвентаризации (отклонения по диаметру)**

Древесная порода	Средний диаметр, см		Отклонение, %	Допустимые ошибки таксации по лесоустроительной инструкции 2018г.		
	по данным перечета	по ИССЛТН		Методы таксации		
				<i>сплошной перечислительный</i>	<i>выборочный измерительно- перечислительный</i>	<i>глазомерно- измерительный</i>
ОС	25,6	25,5	-0,4	3-5	5-10	10-12
Б	18,4	17,8	-3,3			
Е (1 ярус)	23,2	23,0	-0,9			
Е (2 ярус)	13,0	13,1	+0,8			

Отклонения средних диаметров элементов дендроценоза, полученных средствами ИССЛТН укладываются в нормативную точность определения показателя методом сплошной перечислительной таксации. Аналогичное заключение следует сделать по средней высоте, составляющих древесных пород по данным разницы высотных характеристик цифровой модели местности (ЦММ) и цифровой модели рельефа (ЦМР), применяя методы компьютерного зрения.

**Результат инвентаризации (отклонения по высоте)**

Древесная порода	Средняя высота, м		Отклонение, %	Допустимые ошибки таксации по лесоустроительной инструкции 2018г.		
	по данным перечета	по ИССЛТН		Методы таксации		
				<i>сплошной перечислительный</i>	<i>выборочный измерительно- перечислительный</i>	<i>глазомерно- измерительный</i>
ОС	25,7	26,4	2,7	3-5	5-10	10-12
Б	23,0	22,0	-4,3			
Е (1 ярус)	23,3	23,0	-1,3			
Е (2 ярус)	13,5	13,0	-3,7			

Обобщая изложенное можно с полной уверенностью указать на возможность технологической модернизации проведения работ по выборочной инвентаризации насаждений на основе статистических методов анализа данных в системе комплексного ресурсно-экологического районирования лесов субъекта РФ средствами аналитического дешифрирования аэрофотоснимков высокого и сверхвысокого разрешения и автоматизированного определения таксационных показателей с применением информационно-справочной системы лесотаксационных нормативов (ИССЛТН), предложенных авторами.

## *Словарь употребляемых понятий и терминов*

**Лесорастительное районирование** лесорастительной группой провинций называют территорию суши, где преобладает какая-либо из формаций, произошедшая из единого центра (темнохвойные, светлохвойные, мягколиственные или широколиственные и т.д.).

**Лесорастительная провинция** - часть территории, где преобладает какая-либо одна формация и один класс типов леса.

**Лесорастительная провинция** - геоморфологический комплекс типов условий местопроизрастания тип лесорастительных условий (тип местоположений), описание высотной поясности, группа типов лесорастительных условий (эдафический комплекс).

**Лесорастительная подпровинция** - часть провинции, где преобладает одни из классов типов леса, сформированных под влиянием одной из степеней континентальности климата, а также генетической или эдафической однородностью.

**Лесорастительный округ** - часть территории провинции, где преобладает лесная растительность, однородная по группам типов леса или площадям, на которых может быть выращена древесно-кустарниковая растительность, имеющая единый уровень зимостойкости, устойчивости к засолению и засухе.

**Лесорастительный район** - часть территории округа, образованная урочищами со схожими типами леса, закономерно сменяющихся в разрезе схожих геоморфологических элементов, либо относящихся к бассейну одной из рек.

**Лесорастительное районирование (по Г.В. Крылову)** – дифференциация территории на идентичные по зонально-типологическому и породному составу части, сформированные под влиянием геоисторических причин, современного состояния климата и рельефа.

**Лесорастительное районирование (по С.Ф. Курнаеву)** - дифференциация территории по характеру древесной растительности и условиям ее существования.

**Лесорастительное районирование (по Б.И. Иваненко)** - это дифференциация территории на единицы, отличные друг от друга по комплексу природных условий, влияющих на произрастание древесной растительности: рельефом, геоморфологическим строением, климатическими и почвенными условиями, породным составом насаждений, производительностью пород и наличием определенных типов леса и типов условий местопроизрастания.

**Природные территориальные комплексы (ПТК) (по Д.М. Кирееву)** – территориально обособленные и исторически сложившиеся единства взаимосвязанных компонентов природы: земной коры, воды, атмосферы, флоры и фауны.

**Факторный анализ (методом главных компонент)** - позволяет снизить размерность данных и образовать из комплекса взаимосвязанных переменных, новые латентные (скрытые) факторы, несущие в себе информативную нагрузку переменных которыми они образованы.

**Факторный анализ** – раздел статистического многомерного анализа, объединяющий методы оценки размерности множества наблюдаемых переменных посредством исследования структуры ковариационных или корреляционных матриц.

**Фактор** – латентная переменная, конструируемая таким образом, чтобы можно было объяснить корреляцию между набором некоторых имеющихся переменных.

**Общность** параметра  $\zeta_j$ , связанная с общими факторами, представляет собой часть единичной дисперсии переменной, которую можно приписать общим факторам.

**Характерность** представляет собой часть единичной дисперсии переменной, которая не связана с общими факторами. Характерность можно разбить на две составляющие - специфичность и дисперсию, обусловленную ошибкой.

**Специфичность** - доля характерности, которая тем или иным образом связана с действительной спецификой изучаемого параметра.

**Кластерный анализ** (англ. **cluster analysis**) — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.

**Радиус кластера** - максимальное расстояние точек от центра кластера.

**Спорный объект** - это объект, который по мере сходства может быть отнесен к нескольким кластерам.

**Принадлежность объекта к кластеру** - если расстояние от объекта до центра кластера меньше радиуса кластера. Если это условие выполняется для двух и более кластеров, объект является спорным.

**Методы кластерного анализа** - на практике наиболее часто используются метод иерархический, метод k-средних.

**Иерархические методы кластерного анализа** - иерархическая кластеризация состоит в последовательном объединении меньших кластеров в большие или разделении больших кластеров на меньшие.

**Иерархические агломеративные методы (Agglomerative Nesting, AGNES)** - методы характеризуются последовательным объединением исходных объектов и соответствующим уменьшением числа кластеров. В начале работы алгоритма все объекты являются отдельными кластерами. На первом шаге наиболее похожие объекты объединяются в кластер. На последующих шагах объединение продолжается до тех пор, пока все объекты не будут составлять один кластер.

**Иерархические дивизимные (делимые) методы (DIvisive ANAlysis, DIANA)** - методы являются логической противоположностью агломеративным методам. В начале работы алгоритма все объекты принадлежат одному

кластеру, который на последующих шагах делится на меньшие кластеры, в результате образуется последовательность расщепляющих групп.

**Метод k-средних** - неиерархический метод, основанный на разделении, которые представляют собой итеративные методы дробления исходной совокупности. В процессе деления новые кластеры формируются до тех пор, пока не будет выполнено правило остановки.

**Проверка качества кластеризации** - рассчитываются средние значения для каждого кластера и определяется разность средних между ними. При хорошей кластеризации должны быть получены сильно отличающиеся средние для всех объектов, или хотя бы большей их части.

**Достоинства алгоритма k-средних:** простота использования; быстрота использования; понятность и прозрачность алгоритма.

**Дискриминантный анализ** - статистический метод, позволяющий проецировать ситуацию из многомерного пространства на оси канонических дискриминантных функций, тем самым обеспечивая исполнителя необходимой для изучения информацией о различии объектов по нескольким переменным одновременно.

**Цифровая модель местности (ЦММ)** – множество, элементами которого является топографо-геодезическая информация о местности. Содержит метрическую информацию – геодезические пространственные координаты характерных точек рельефа и ситуации.

**Цифровой моделью рельефа (ЦМР)** называют совокупность точек местности с известными трехмерными координатами и различными кодовыми обозначениями, предназначенную для аппроксимации местности с ее природными характеристиками, условиями и объектами .

**Репрезентативность выборки** - это показатель, заключающийся в том, что выборка должна полно и достоверно отображать признаки той совокупности, частью которой она является. Её можно определять, как свойство выборки наиболее полно представлять характеристики генеральной совокупности, существенные с точки зрения цели исследования.

## *Контрольные вопросы и задания*

1. Приведите схемы лесного районирования, предложенные разными авторами в истории лесного хозяйства.
2. Какие материалы должны быть положены в основу ресурсно-экологического лесного районирования по субъектам РФ?
3. Что является объектом ГИЛ и почему?
4. Перечислите переменные для классификации лесничеств при построении схем комплексного ресурсно-экологического районирования.
5. Какими статистическими методами анализа решаются задача лесного районирования?
6. Сущность факторного анализа при решении классификационной задачи распределения таксонов (лесничеств) по статистически однородным группам.
7. Как определить число главных компонент при решении классификационных задач распределение лесничеств по лесным районам.
8. Что такое общность и специфичность переменных при решении классификационных задач лесного районирования?
9. Сущность кластерного анализа при решении задачи ресурсно-экологического районирования.
10. Какие методы кластерного анализа следует использовать при решении задач лесного районирования?
11. Объединяющая и разделяющая стратегии кластеризации лесничеств при лесном районировании.
12. Что такое дендрограмма кластеризации и как её использовать при группировке лесничеств по отдельным лесным районам?
13. Сущность дискриминантного анализа при решении задачи комплексного ресурсно-экологического лесного районирования.
14. Какие статистические критерии дискриминантного анализа используются при решении классификационных задач?

15. Для чего необходимо выделение типичных лесных районов в субъектах РФ?
16. В чём заключается сущность выборочной (государственной) инвентаризации лесов?
17. Что такое репрезентативность выборочной совокупности пробных площадей и как обеспечивается достоверность инвентаризации лесов?
18. Какая формула используется для определения репрезентативности выборочной совокупности в типических выборках лесных объектов инвентаризации?
19. Использование дистанционных методов зондирования Земли для проведения государственной инвентаризации лесов.
20. Какие виды статистических выборок используются при проведении ГИЛ?
21. Какими по размеру и форме должны быть статистические выборки при проведении ГИЛ?
22. Какие особенности проведения выборочной инвентаризации существуют в Европейском Союзе?
23. Какие особенности проведения выборочной инвентаризации существуют в США и Канаде?
24. Какие особенности проведения выборочной инвентаризации существуют в странах Латинской Америки?
25. В чём заключаются недостатки используемой в России методики проведения ГИЛ?
26. Приведите недостатки используемой системы лесного районирования Российской Федерации и методов ГИЛ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информация о лесных ресурсах является основой стратегического планирования в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Своевременный учет и выявление факторов, оказывающих негативное воздействие на леса, обеспечивает органы лесного хозяйства ценной информацией необходимой для принятия оперативных решений по ликвидации этих факторов.

Лесоустройство является основой адресного ведения лесного хозяйства. Данный вид учета лесов является необходимой мерой в условиях интенсивного лесопользования. Однако с принятием Лесного кодекса 2006 г. лесоустроительные работы практически были упразднены. Был сокращен штат сотрудников лесничеств, а площади лесных массивов государством было решено передавать в аренду, с целью поддержки и развития частного бизнеса.

На смену классическому лесоустройству была предложена государственная инвентаризация лесов. На законодательном уровне были утверждены методические указания по проведению государственной инвентаризации, которые как показало время, являются весьма дорогостоящими и неэффективными.

Основными недостатком следует считать недостоверность статистического обоснования при определении объемов работ по выборочной инвентаризации лесного фонда.

Выборочная совокупность объектов инвентаризации должна обладать репрезентативностью по отношению к генеральной совокупности, а расчет точности определения таксационных показателей, должен быть подтвержден статистическими критериями.

Достоверность классификации лесничеств доказывается следующими показателями:

1. Статистическими критериями при районировании территории лесничеств отдельно взятого субъекта Российской Федерации:

- высокими значениями коэффициентов канонической корреляции;
- низкими значениями Лямбда-статистики Уилкса;
- высокими значениями критерия Хи-квадрат, в отношении дискриминантных функций, достоверно разделяющих объекты в многомерном пространстве).

При выборочной инвентаризации расчетные значения t-критерия Стьюдента и T-критерия Крамера-Уэлча, не превышают табличные значения на 5-процентном уровне значимости, что указывают на идентичность средних величин выборочной и генеральной совокупностей насаждений.

Статистически достоверное, критериально подтвержденное лесное районирование является фундаментом, на который должны опираться органы лесного хозяйства при определении возрастов рубок, составлении правил лесовосстановления и правил ухода за лесами, а также при создании лесотаксационных нормативов.

Выборочные совокупности объектов инвентаризации должны располагаться в пределах типичного лесного района, так как именно при соблюдении этого условия минимизируется изменчивость анализируемых показателей и даётся достоверная оценка ресурсного и экологического состояния лесов.

Использование базовой методики государственной инвентаризации приводит к недостоверным результатам при определении количественных и качественных характеристик лесов, на что указывают большинство авторов, занимающихся изучением данного вопроса. Высокая степень биоразнообразия, обширность территории страны требуют перехода к статистически достоверной выборочной инвентаризации, основанной на использовании дистанционных методов зондирования Земли и современных технологий обработки материалов аэрофотосъемки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроклиматический справочник по Костромской области [Книга] – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – стр. 167.
2. Алисов Б.П. Климат СССР [Книга] – М.: Изд-во МГУ, 1956. – стр. 126
3. Андреев В. Л. Применение математических методов для определения границ экологических систем // Тезисы доклада 3-го съезда ВГБО. - Рига : "Зинатне", 1976 г.. - стр. 44-45.
4. Антанайтис В. В. и Репшис И. Н. Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом [Книга]. - Москва : "Лесная промышленность", 1973. - стр. 104.
5. Аренс Х., Лейтер, Ю. Многомерный дисперсионный анализ [Книга] / перев. Иванова В.М., Тюрина, Ю.Н.. - Москва : "Финансы и статистика", 1985. - стр. 230.
6. Болч Б. Хуань К.Дж. Многомерные статистические методы для экономики [Книга] / ред. Е.В. Крестьянинова / перев. А.Д. Плитман. - Москва : "Статистика", 1979. - стр. 317. - под редакцией и с предисловием Айвазяна С.А..
7. Бугаев В. А. Инвентаризация неосвоенных лесов фотостатистическими методами: текст лекций. - Воронеж : Изд-во ВГУ, 1995 г.. - стр. 22.
8. Бююль А., Цефель, П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей [Книга] / перев. ДиаСофтЮП. - Санкт-Петербург : "ДиаСофтЮП", 2005. - стр. 608. - ISBN 5-93772-132-2.
9. Вдовин Е. С. Совершенствование выборочного метода таксации при государственной инвентаризации лесов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. - Йошкар-Ола : [б.н.], 2011 г..
10. Воробьев Д. В. и Погребняк П. С. Определитель типов леса Украинского Полесья [Книга]. - 1929. - стр. 113.
11. Воробьев Д. В. Методика лесопатологических исследований [Книга]. - Киев : Урожай, 1967. - стр. 147.
12. Высоцкий Г. Н. и Ергеня Г. Н. Культурно-фитологический очерк [Книга]. - Санкт-Петербург : [б.н.], 1915. - Труды Бюро по прикладной ботанике, генетике и селекции : Т. 10 : стр. 1113-1443.
13. Высоцкий Г. Н. О дубравах в Европейской России и их областях [Журнал] // Лесной журнал. - 1913 г.. - №1-2. - стр. 154-171.
14. Генсирук С. А. [и др.] Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии [Книга]. - Киев : "Наукова думка", 1981. - стр. 360.
15. Генсирук С. А. Леса Украины [Книга]. - Москва : "Лесная промышленность", 1975. - стр. 280.
16. Геоморфологическое районирование СССР и прилегающих морей: учебное пособие для студентов географических специальных вузов [Книга] / С.С. Воскресенский, О.К. Леонтьев, А.И. Спиридонов и др. – М.: Высшая школа, 1980. - стр.

17. Глазов Н. М. Статистический метод в таксации и лесоустройстве [Книга]. - Москва : "Лесная промышленность", 1976. - стр. 144.
18. Глушенков И. С. и Глушенков О. И. Оптимизация выборок при проведении государственной инвентаризации лесов [Журнал] // Лесное хозяйство. - 2009 г.. - 2. - стр. 46-47.
19. Горбачев Г. Ф. Лесохозяйственное районирование [Журнал] // "Лесное хозяйство". - 1974 г.. - 7. - стр. 38-41.
20. Гусаров В. М. Теория статистики: Учебное пособие для вузов [Книга]. - Москва : Аудит, ЮНИТИ, 1998. - стр. 247. - 5-85177-045-7.
21. Гусев Н. Н. Новое в лесоинвентаризации и лесоустройстве [Книга]. - Москва : Изд-во Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР, 1972. - стр. 42.
22. Докучаев В. В. К учению о зонах природы [Книга]. - Санкт-Петербург : Типография Спб.Градоначальства, 1899. - стр. 28.
23. Дробушевская О. В. и Царегородцев В. Г. Географо-климатические варианты светлохвойных травяных лесов Сибири [Журнал] // Сибирский экологический журнал. - 2007 г.. - 2. - стр. 211-218.
24. Дыренков С. А. Практические рекомендации по лесорастительному районированию с применением математических методов [Книга]. - Ленинград : ЛенНИИЛХ, 1974. - стр. 70.
25. Жирин В. М. и Лукина Н. В. Развитие системы инвентаризации лесов в России [Журнал] // Лесной вестник. - 2017 г.. - 2. - стр. 4-14.
26. Загребев В. В. [и др.] Общесоюзные нормативы для таксации лесов [Книга]. - Москва : Колос, 1992. - стр. 495. - 5-10-001344-3.
27. Здорик М. Г. Статистика для лесных специалистов [Книга]. - Москва : ГОСЛЕСБУМИЗДАТ, 1952. - стр. 226.
28. Иберла К. Факторный анализ [Книга] / перев. В.М. Иванова. - Москва : "Финансы и статистика", 1980. - стр. 398. - Предисловие Дуброва А.М..
29. Иваненко Б. И. Методика лесорастительного районирования. - Москва : ВНИИЛМ, 1960 г.. - стр. 14.
30. Иваненко Б. И. Лесорастительное районирование Костромской области // Сборник научных трудов Костромской лесной опытной станции: Рубки и восстановление хозяйственно-ценных хвойных пород в южно-таежной подзоне европейской части РСФСР. - Москва : Гос. комитет лесного хозяйства Совмина СССР, ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства, 1973 г.. - стр. 21-32.
31. Иваненко Б. И. Лесорастительное районирование Московской области // Сборник работ по лесному хозяйству. - Москва : ВНИИЛ, 1962 г.. - стр. 275-290.
32. Иваненко Б. И. Основные принципы лесорастительного районирования // Сборник первого всесоюзного совещания по проблеме районирования лесного фонда СССР: Тезисы докладов. - Красноярск : [б.н.], 1977 г.. - стр. 52-54.

33. Исаев А. С. и Сухих В. И. Аэрокосмический мониторинг лесов и его техническая основа. Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве [Книга]. - Москва "Наука" : [б.н.]. 1990 г. - стр. 166-175.
34. Каяндер А. К. Сущность и значение типов леса. Вместе со статьями С.С. Архипова и Н.К. Каракаша [Книга]. - [б.м.] : Гослестехиздат, 1933. - стр. 44.
35. Ким Дж.-О Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р., Олдендерфер М.С., Блэшфилд Р.К. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Книга] / ред. О.А. Ермилина. - Москва : "Финансы и статистика", 1989. - стр. 215. - под редакцией Енюкова И.С.. - ISBN 5-279-00247-X.
36. Киреев Д. М. Лесное ландшафтоведение: учебное пособие [Книга]. - Санкт-Петербург : СпбГЛТА, 2007. - стр. 540.
37. Ковалев А. П. и при участии коллектива авторов Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования [Отчет]. - Хабаровск : ДальНИИЛХ, 2009. - стр. 470.
38. Кожевников П. П. и Ефимова М. А. Лесорастительные районы водоохранной зоны [Книга]. - Пушкино : ВНИИЛХ, 1939. - стр. 75.
39. Колесников Б. П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи [Книга]. - 1974. - стр. 3-20.
40. Колесников Б. П. и Трусов П. Ф. Опыт применения генетической классификации типов леса при устройстве лесов Ильменского заповедника. - [б.м.] : Тр. ин-та биологии УФ АН СССР, 1961 г.. - стр. 45-71.
41. Колесников Б. П. Лесорастительное районирование Дальнего Востока и вопросы лесовосстановления и создания лесов защитного значения // Вопросы развития лесного хозяйства и лесной промышленности Дальнего Востока. - Москва : [б.н.], 1955 г.. - стр. 46-68.
42. Колесников Б. П. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области. - [б.м.] : Тр. ин-та биологии УФ АН СССР, 1961 г.. - стр. 3-44.
43. Колесников Б. П. Растительность [Книга]. - Москва : АН СССР, 1961. - стр. 179-234.
44. Колесников Б. П., Зубарева Р. С. и Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: практ. руководство [Книга]. - Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. - стр. 176.
45. Комаров В. Л. и Недригайлов С. Н. Труды института по изучению леса [Книга]. - Ленинград : АН СССР, 1933. - Т. 1 : стр. 320.
46. Креснов В. Мы строим реалистичные планы [Журнал] // Леса России. - 2008 г.. - 13. - стр. 3.
47. Крылов Г. В. Лесные ресурсы и лесорастительное районирование Сибири и Дальнего Востока [Книга]. - Новосибирск : Сибирское отделение АН СССР, 1962. - стр. 240.

48. Крылов Г. В. и Салатова Н. Г. История ботанических и лесных исследований в Сибири и на Дальнем Востоке [Книга]. - Новосибирск : Наука, 1969. - стр. 275.
49. Крылов Г. В. Классификация лесов Западной Сибири // Материалы по классификации растительности Урала. - Свердловск : [б.н.], 1959 г.. - стр. 40-43.
50. Крылов Г. В. Леса Западной Сибири [Книга]. - Москва : АН СССР, 1961. - стр. 255.
51. Крылов Г. В. Леса Сибири и Дальнего Востока, их лесорастительное районирование [Книга]. - Москва : Гослесбуиздат, 1960. - стр. 155.
52. Крылов Г. В. Лесорастительное районирование Сибири [Журнал] // Известия Томского отделения Всесоюзного ботанического общества. - 1959 г.. - стр. 115-149.
53. Крылов Г. В. Принципы и схема лесорастительного районирования Западной Сибири [Журнал] // Известия Восточно-Сибирского филиала АН СССР. - Новосибирск : [б.н.], 1957 г.. - 3. - стр. 43-48.
54. Куделя В. А. К обоснованию необходимого числа постоянных пробных площадей при государственной инвентаризации лесов с учетом труднодоступных территорий [Журнал] // Интерэкспо Гео-Сибирь. - Новосибирск : [б.н.], 2013 г..
55. Кулаичев А. П. Методы и средства анализа данных в среде Windows. STADIA [Книга]. - Москва : Информатика и компьютеры, 2002. - 4-е : стр. 341. - ISBN 5-89-357-016-2.
56. Курнаев С. Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра [Книга]. - 1982. - стр. 120.
57. Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР [Книга]. - Москва : "Наука", 1973. - стр. 204.
58. Лавренко Е. М. Геоботаническое районирование СССР [Книга]. - Москва : АН СССР, 1947. - стр. 156.
59. Лемешев М. Я. Экономика и экология: их взаимосвязь и зависимость. - [б.м.] : "Коммунист", 1975 г.. - стр. 47-55.
60. Лесной Кодекс Российской Федерации [В Интернете] // Гарант. - 1 Май 2018 г.. - <http://base.garant.ru/12150845/#friends>.
61. Львов П. Н. и Ипатов Л. Ф. Лесная типология на географической основе [Книга]. - Архангельск : Северо-Западное книжное издательство, 1976. - стр. 195.
62. Лямеборшай С. Х. и Хлюстов В. К. Эффективное лесопользование - фактор жизни отраслей лесного комплекса России [Журнал] // Лесное хозяйство. - 2008 г.. - 1. - стр. 17-21.
63. Мигунова Е. С. и Гладун Г. Б. В.В. Докучаев и лесоводство [Книга]. - Сумы : Гос. ком. лесн. хоз-ва Украины, Нац. акад. наук Украины. Укр. науч.- исслед. ин-т лесн. хоз-ва и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, 2010. - 2-е, доп. : стр. 433.

64. Мороз П. И. Методы инвентаризации лесов во Франции [Книга]. - Москва : Изд-во Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР, 1969. - стр. 55.
65. Морозов Г. Ф. Лес как явление географическое [Книга]. - 1915. - Пг.: Тип-лит. "Якорь" : стр. 21.
66. Морозов Г. Ф. О типологическом изучении лесов [Книга]. - Кострома : [б.н.], 1917. - стр. 20.
67. Морозов Г. Ф. Учение о лесе [Книга]. - Санкт-Петербург : [б.н.], 1912. - стр. 83.
68. Назимова Д. И. От лесной типологии к обобщенной классификации лесных экосистем // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. - Красноярск : [б.н.], 2009 г.. - стр. 118-121.
69. Немчинов В. С. Материалы по природно-экономической характеристике сельскохозяйственных микрорайонов СССР Ч.1. РСФСР [Книга]. - Москва : "Экономиздат", 1962. - стр. 1000.
70. Немчинов В. С. Сельскохозяйственная статистика с основами общей теории [Книга]. - Москва : ОГИЗ СЕЛЬХОЗГИЗ, 1945. - стр. 359.
71. Никитин К. Е. и Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации [Книга]. - Москва : "Лесная промышленность", 1978. - стр. 272.
72. Перепечина Ю. И. Состояние лесов лесостепи Южного Зауралья [Книга]. - Брянск : БГИТА, 2010. - стр. 240.
73. Перепечина Ю. И., Глушенков О. И. и Глушенков И. С. Государственная инвентаризация Российских лесов [Журнал] // "Лесотехнический журнал". - 2014 г.. - 2. - стр. 60-67.
74. Письмеров А. В. Районирование лесного фонда Костромской области // Организация и ведение лесного хозяйства на зонально-типологической основе. Сборник научных трудов.. - Москва : ВНИИЛМ, 1982 г.. - стр. 18-25.
75. Погребняк П. С. Основы лесной типологии [Книга]. - Киев : АН СССР, 1955. - 2-е изд., испр. и доп. : стр. 455.
76. Приказ Минприроды РФ от 29.03.2018 N 122 "Об утверждении лесоустроительной инструкции" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 20.04.2018 N 50859) [В Интернете]. - 20 Апрель 2018 г.. - 5 Май 2018 г.. - <https://minjust.consultant.ru/special/documents/document/39244?items=1&page=7>.
77. Прокопов В. Ф. и Фильрозе Е. М. Типология в лесном хозяйстве Челябинской области [Журнал] // Лесное хозяйство. - 1974 г.. - № 8. - стр. 46-49.
78. Разумов В. П. О местообитаниях леса и их классификации [Конференция] // Сборник научно-технической конференции по результатам исследовательских работ за 1956г. - Вып. 2.. - Брянск : [б.н.], 1957. - стр. 37-39.
79. Рудзкий А. Ф. Лесные беседы для русских лесовладельцев и лесничих [Книга]. - Санкт-Петербург : [б.н.], 1881. - А.Ф. Девриена : стр. 206.

80. Рудзкий А. Ф. Настольная книга по лесоводству [Книга]. - Санкт-Петербург : [б.н.], 1897. - стр. 494.

81. Рябчинский А. Е. Лесохозяйственное районирование и наиболее актуальные вопросы использования и повышения производительности лесов БАССР: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук: 06.03.02. - Уфа : Воронежский лесотехнический институт, 1969 г.. - стр. 26.

82. Сочава Б. В. Введение в учение о геосистемах [Книга]. - Новосибирск : "Наука", 1978. - стр. 320.

83. Сочава Б. В. Районирования природные: комплексные и геоботанические. - Ленинград : "Наука", 1979 г.. - стр. 3-7.

84. Сочава В. Б. Исходные положения типизации таежных земель на ландшафтно-географической основе // Доклад института географии Сибири и Дальнего Востока. - 1962 г.. - стр. 14-23.

85. Сочава В. Б. Проблемы физической географии и геоботаники. Избранные труды [Книга]. - Новосибирск : "Наука. Сибирское отделение", 1986. - стр. 343.

86. Столярчук Л. В. Конвективная облачность и пожарные максимумы в Иркутской области [Журнал]. - Москва : "Лесная промышленность", 1973 г.. - 12. - стр. 67-69.

87. Сукачев В. Н. [и др.] Дендрология с основами лесной геоботаники [Книга] / ред. Сукачев В. Н.. - Ленинград : Гослестехиздат, 1934. - Наркомлес Союза ССР : стр. 614.

88. Сукачев В. Н. и Зонн С. В. Общие принципы и программа изучения типов леса [Книга]. - Москва : АН СССР, 1961. - 2-е : стр. 9-75.

89. Сукачев В. Н. Избранные труды в трех томах [Книга] / ред. Лавренко Е. М.. - Ленинград : Наука, 1972. - Основы лесной типологии и биогеоценологии : Т. 1 : 3 : стр. 419.

90. Сукачев В. Н. Краткое руководство к исследованию типов леса [Книга]. - Москва : Новая деревня, 1927. - стр. 16.

91. Тихонов А. С. Брянский лесной массив [Книга]. - Брянск : ЗАО "Издательство "Читай-город", 2001. - стр. 312.

92. Токи У. Ж. Особенности лесохозяйственного и лесотаксационного районирования лесов Ленинградской области [Журнал] // Известия Санкт - Петербургской лесотехнической академии. - Санкт-Петербург : [б.н.], 2008 г.. - 183. - стр. 29-33.

93. Трейфельд Р. Ф. Государственная инвентаризация лесов. Кто виноват, что она такая? [В Интернете] // Лесной форму Гринпис России. - 31 Май 2015 г.. - 1 Май 2018 г.. - <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=18065>.

94. Туюнён А. В. и Петров Н. В. Ландшафтно-экологическое планирование многоцелевого лесопользования на примере зеленой зоны г. Петрозаводска [Журнал] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. - Санкт-Петербург : [б.н.], 2008 г.. - стр. 63-67.

95. Тюрин В.В. Щеглов С.Н. Дискриминантный анализ в биологии: монография [Книга]. - Краснодар : Кубанский гос. ун-т, 2015. - стр. 126. - ISBN 978-5-8209-1102-6.

96. Фарбер С. К. и Брюханов Н. В. Материалы массовой таксации и государственной инвентаризации лесов: Характеристика расхождений, причины, анализ [Журнал] // "Сибирский лесной журнал". - Красноярск : [б.н.], 2014 г.. - 5. - стр. 16-28.

97. Федоренко Н. П. Об экономической оценке природных ресурсов // Вопросы экономики. - 1968 г.. - стр. 94-101.

98. Федосимов А. Н. Инвентаризация лесов выборочными методами [Книга]. - Москва : "Лесная промышленность", 1986. - стр. 192.

99. Филиппчук А. Н. и Моисеев Б. Н. Проблема репрезентативности стратифицированной выборки на примере отчета по ГИЛ Калужской области [Журнал] // Точка зрения. - [б.м.] : ВНИИЛМ, 2014 г.. - 4. - стр. 34-38.

100. Фильрозе Е. М. Схема генетической классификации типов леса Южного Урала // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов: Сборник статей.. - Свердловск : УНЦ АН СССР, 1983 г.. - стр. 53-59.

101. Фильрозе Е. М. Типы леса Ильменского государственного заповедника и их динамика // Труды по лесному хозяйству Сибири. - Новосибирск : [б.н.], 1958 г.. - стр. 157-163.

102. Харман Г. Современный факторный анализ [Книга] / перев. В.Я. Лумельский. - Москва : "Статистика", 1972. - стр. 487.

103. Хлюстов В. К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели - нормативы - технологии <Книга I> [Книга]. - Москва : Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. - стр. 389. - 978-5-9675-1288-9.

103<sup>a</sup>. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели - нормативы - технологии <Книга II> [Книга]. - Москва : Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. - стр. 449

104. Хлюстов В. К. Неучет дороже денег [Журнал] // "Лесная газета". - 17 май 2011 г.. - 38.

105. Хлюстов В.К. Устинов М.В. Ресурсно-экологическое районирование лесов Брянской области [Книга]. - Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2014. - стр. 194. - ISBN: 978-3-639-83234-1.

105<sup>a</sup>. Хлюстов В.К., Шишкина Г.М. Лесное районирование Удмуртской Республики методами многомерной классификации/ Леса Евразии - Подмосковные вечера. Материалы X Международной конференции молодых ученых, 19-25 сентября 2010, МГУЛ, Москва, 144-145

105<sup>b</sup>. Хлюстов В.К., Мусиевский А.Л. Полифакториальная классификация сельскохозяйственных районов в межмеридиальном градиенте по типам климата. Труды С.-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Материалы международной научно-практической конференции 22-23 марта 2011 «Иннова-

ции и технологии в лесном хозяйстве» СПб, 2011. Выпю1(21). Ч. 2., с. 174-176.

105<sup>в</sup>. Хлюстов В.К., Устинова М.А., Хими́на Е.Г. Полифакториальная классификация сельскохозяйственных районов в межмеридиальном градиенте по типам климата. Тезисы докладов международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. ФГБОУ ДПО «ИПК» (Росгидромет, Мин. природы и экологии) Казань, 2-5 октября 2012 года; стр.216-220.

106. Черных В.Л. Геоинформационные системы в лесном хозяйстве: учебное пособие [Книга] / В.Л. Черных. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – стр. 204.

107. Черных В.Л. Закономерности распределения основных таксационных показателей в лесных стратах на территории Республики Марий Эл [Журнал] / В.Л. Черных, Е.С. Вдовин, М.А. Ануфриев, А.А. Домрачев // Известия СПбГАУ. – 2011 - №24. – стр. 270-274.

108. Черных В.Л. Совершенствование методики выборочной таксации запаса древостоев на примере Учебно-опытного лесничества Республики Марий Эл [Журнал] / В.Л. Черных, Е.С. Вдовин, Д.М. Воронцов // Вестник Марийского Государственного технического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - №1. – стр. 3-10.

109. Шашко Д. И. Агроклиматическое районирование [Книга]. - Москва : "Колос", 1967. - стр. 335.

110. Шейнгауз А.С. Комплексное лесохозяйственное районирование [Книга] / А.С. Шейнгауз, А.А. Дорофеева, Д.Ф. Ефремов, А.П. Сапожников. – Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во, 1980. – стр. 142.

111. Шейнгауз А. С. Опыт лесохозяйственного районирования на основе математико-статистической оценки классификационных признаков [Журнал] // "Лесоведение". - 1975 г.. - 1. - стр. 12-19.

112. Шейнгауз А. С. Принципы экологического районирования территории // Экологическое районирование территории: методы и разработки. Материалы научного семинара по экологическому районированию. - Иркутск : [б.н.], 1991 г.. - стр. 152-154.

113. Юркевич И. Д. и Гельтман В. С. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии [Книга]. - Минск : [б.н.], 1965. - стр. 288.

114. Юркевич И. Д. и Гельтман В. С. Лесная растительность [Книга]. - Минск : [б.н.], 1969. - стр. 16-23.

115. Юркевич И. Д. и Гельтман В. С. Районирование лесной растительности БССР [Журнал] // Ботанический журнал. - 1960 г.. - 8 : Т. 45. - стр. 1132-1146.

116. Юркевич И. Д. Классификация типов леса БССР. Понятие о типе леса (лесной ассоциации) и литературные источники по типам леса БССР // Сборник работ по лесному хозяйству БелНИИЛХ. - 1940 г.. - стр. 43-61.

117. Юркевич И. Д. Объединение типов леса БССР в серии. - [б.м.] : Зап. БЛТИ, 1940 г.. - стр. 62-68.

118. Юркевич И. Д. Типы леса и лесные ассоциации [Книга]. - Минск : [б.н.], 1962. - 2-е: испр. и дополн. : стр. 196-214.
119. Юркевич И. Д. Типы лесов Белорусской ССР: Краткий очерк [Книга]. - Минск : Госиздат БССР, 1948. - стр. 48.
120. Юркевич И. Д., Круганова Е. А. и Буртыс Н. А. Эколого-фитоценотический анализ луговой растительности поймы Днепра [Книга]. - Минск : Ботаника (исследования), 1969. - стр. 3-18.
121. Ярошенко А. Ю. Некоторые проблемы развития государственной инвентаризации лесов в России [В Интернете] // Лесной форму Гринпис России. - 1 Май 2018 г.. - <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?p=97958>.
122. Ярошенко А. Ю. Статистические методы лесоинвентаризации внедряются в развивающихся странах [В Интернете] // Лесной форум Гринпис России. - 1 Май 2018 г.. - <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?f=9&t=329&p=423>.
123. Beverly J. L. [и др.] Assessing spatial attributes of forest landscape values: An internet-based participatory mapping approach [Журнал] // Can. J. Forest Res.. - 2008 г.. - 2. - стр. 289-303.
124. Dumitru S. и Dennis M. J. Accuracy assessment of biomass and forested area classification from Modis, Landsat-TM satellite imagery and forest inventory plot data [Конференция] // ASPRS, Annual Conference Tampa, Florida. - 2007. - стр. 10.
125. Mackisack M. S. и Wood G. B. Simulating the forest and the pointsampling process as an aid in designing forest inventories [Журнал] // Forest Ecology and Managment. - 1990 г.. - 1-2. - стр. 79-103.
126. Mayr Heinrich Walbau auf naturgesetzlicher Grundlage [Книга]. - Berlin : [б.н.], 1906. - Verlagsbuchhandlung Paul Parey : стр. 568.
127. Olsson Nakan [и др.] Текущие и перспективные методы дистанционного зондирования, используемые в лесном хозяйстве Швеции [В Интернете] // Docplayer. - 30 Апрель 2018 г.. - <http://docplayer.ru/51577317-Tekushchie-i-perspektivnye-metody-distancionnogo-zondirovaniya-ispolzuemye-v-lesnom-hozyaystve-shvecii-1.html>.
128. Ranney B. Designing a new national forest survey for Sweden [Журнал] // Studia Forestalia Suecica. - 1987 г.. - 177. - стр. 29.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица А.1. - Показатели переменных по лесничествам Костромской области для ресурсно-экологического районирования

Из формы 1 ГУЛФ							Из материалов по природно-экономической характеристике сельскохозяйственных микрорайонов СССР								
Административный район расположения лесничества	Номер микрорайона	Лесничество	Общая площадь, га	Всего покрытых лесом, га	Северная широта	Восточная долгота	Структура площадей с потенциальной продуктивностью почв в баллах				Суммарная обеспеченность влагой	Продолжительность весны	увлажнение летом	Средняя температура	
							1	2	3	4				наиболее теплого месяца	наиболее холодного месяца
					X1 град.	X2 град.	X3 %	X4 %	X5 %	X6 %	X7 у.е.	X8 у.е.	X9 у.е.	X10 С <sup>0</sup>	X11 С <sup>0</sup>
Буйский	68	Буйское	17170	16060	58,611	41,516	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Вохомский	68	Вохомское	18594	17821	59,117	46,612	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Галичский	68	Галичское	11027	10168	58,32	41,941	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Кологривский	68	Кологривское	24722	23768	58,936	44,115	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Костромской	68	Костромской	12573	11438	57,538	40,877	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Межевский	68	Межевой	15799	15110	58,818	45,027	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Нейский	68	Нейское	19763	18769	58,383	43,845	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Антроповский	68	Антроповское	13944	12942	58,209	43,041	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Островский	68	Островское	13212	12316	57,797	42,261	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Павинский	68	Павинское	92056	87212	59,095	46,047	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Парфеньевский	68	Парфеньевское	15038	14214	58,607	43,491	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Солигаличский	68	Солигаличское	19086	17677	59,062	42,138	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Октябрьский	68	Октябрьское	14805	14416	58,926	46,919	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25

## Продолжение таблицы А.1.

Из формы 1 ГУЛФ							Из материалов по природно-экономической характеристике сельскохозяйственных микрорайонов СССР								
Административный район расположения лесничества	Номер микрорайона	Лесничество	Общая площадь, га	Всего покрытых лесом, га	Северная широта	Восточная долгота	Структура площадей с потенциальной продуктивностью почв в баллах				Суммарная обеспеченность влагой	Продолжительность весны	увлажнение летом	Средняя температура	
							1	2	3	4				наиболее теплого месяца	наиболее холодного месяца
					X1 град.	X2 град.	X3 %	X4 %	X5 %	X6 %	X7 у.е.	X8 у.е.	X9 у.е.	X10 C <sup>0</sup>	X11 C <sup>0</sup>
Судиславский	68	Судиславское	75733	68722	58,012	41,646	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Антроповский	68	Чухломское	24474	22897	58,868	42,95	1,1	20,8	49,6	28,5	1	4	2	18	-13,25
Макарьевский	69	Макарьевское <sup>1</sup>	19734	18415	57,653	44,167	7,6	92,4	0	0	2	4	3	17,95	-13
Кадыйский	69	Кадыйское	16745	15345	57,826	43,09	7,6	92,4	0	0	2	4	3	17,95	-13
Макарьевский	69	Макарьевское <sup>2</sup>	19377	17484	57,844	43,713	7,6	92,4	0	0	2	4	3	17,95	-13
Мантуровский	69	Мантуровское	18897	17855	58,221	44,709	7,6	92,4	0	0	2	4	3	17,95	-13
Шарьинский	70	Шарьинское <sup>1</sup>	13407	12739	58,136	45,577	2,4	71,1	19,1	7,4	1	5	3	17,85	-13,75
Поназыревский	70	Поназыревское	16267	15446	58,468	46,364	2,4	71,1	19,1	7,4	1	5	3	17,85	-13,75
Пыщугский	70	Пыщугское	13596	13057	58,904	45,58	2,4	71,1	19,1	7,4	1	5	3	17,85	-13,75
Шарьинский	70	Шарьинское <sup>2</sup>	16439	15084	58,446	45,513	2,4	71,1	19,1	7,4	1	5	3	17,85	-13,75

Продолжение таблицы А.1.

Лесничество	Из формы 2 ГУЛФ														
	Лесные земли, га			Нелесные земли, га									Площадь под типами лесов на покрытых лесом землях		
	всего покрытых лесом	фонд лесовосстановления	всего лесных земель	с/х угодья (пашни, сенокосы, пастбища, ягольники)	водные объекты	линейные объекты	усадеб и пр.	болота	пески	прочие земли	всего нелесных земель	светлохвойные	темнохвойные	твердолиственные	мягколиственные
Буйское	93,54	2,27	96,48	0,24	0,12	0,78	0,03	1,76	0	0,6	3,52	11,7	24,65	0	63,66
Вохомское	95,84	2,04	98,15	0,68	0,16	0,71	0,05	0,11	0	0,15	1,85	13,08	37,56	0	49,36
Галичское	92,21	3,04	96,07	0,14	0,14	0,81	0,01	2,12	0	0,71	3,93	16,66	25,21	0	58,12
Кологривское	96,14	1,71	98,06	0,3	0,24	0,94	0,03	0,3	0	0,14	1,94	7,72	31,78	0	60,5
Костромской	90,97	1,32	92,83	0,18	0,71	1,19	0,07	3,11	0	1,92	7,17	29,87	16,06	0,07	53,99
Межевской	95,64	2,11	98,22	0,3	0,3	0,78	0,1	0,21	0	0,1	1,78	13,67	26,43	0	59,9
Нейское	94,97	1,13	96,44	0,09	0,11	1,06	0,07	1,76	0	0,48	3,56	41,76	16,99	0	41,25
Антроповское	92,81	3,21	96,61	0,23	0,23	0,9	0,05	0,67	0	1,31	3,39	37,08	16,01	0	46,91
Островское	93,22	1,99	96,02	0,52	0,32	1,18	0,15	1,55	0	0,26	3,98	17,76	18,75	0	63,48
Павинское	94,74	3,36	98,85	0,17	0,14	0,67	0,01	0,04	0	0,12	1,15	3,26	54,29	0	42,45
Парфеньевское	94,52	2,24	97,44	0,12	0,13	1,05	0,18	0,82	0	0,26	2,56	27,92	22,97	0	49,11
Солигаличское	92,62	1,99	95,18	0,38	0,12	1	0,06	2,93	0	0,34	4,82	15,14	23,74	0	61,12
Октябрьское	97,38	1,37	98,96	0,2	0,04	0,52	0	0,21	0	0,06	1,04	19,18	36,05	0	44,76
Судиславское	90,74	2,61	94,65	0,2	0,12	1,03	0,11	3,19	0	0,69	5,35	19,56	34,21	0	46,23
Чухломское	93,56	0,86	95,65	0,17	0,12	0,7	0,05	3,05	0	0,25	4,35	13,34	36,04	0	50,63

Лесничество	Из формы 2 ГУЛФ															
	Лесные земли, га			Нелесные земли, га									Площадь под типами лесов на покрытых лесом землях			
	всего покрытых лесом	фонд лесовосстановления	всего лесных земель	с/х угодья (пашни, сажень, сенокосы, пастбища, ягольники)	водные объекты	линейные объекты	усадебные и пр.	болота	пески	прочие земли	всего нелесных земель	светлохвойные	темнохвойные	твердолиственные	мягколиственные	
	X12 %	X13 %	X14 %	X15 %	X16 %	X17 %	X18 %	X19 %	X20 %	X21 %	X22 %	X23 %	X24 %	X25 %	X26 %	
Макарьевское <sup>1</sup>	93,31	0,65	94,17	0,47	0,11	0,62	0,01	4,4	0	0,22	5,83	62,49	5,19	0	32,32	
Кадыйское	91,64	2,83	94,9	0,71	0,13	1,21	0,01	2,73	0	0,31	5,1	26,35	14,37	0	59,28	
Макарьевское <sup>2</sup>	90,23	0,52	91,04	0,45	0,33	0,98	0,06	6,81	0,02	0,31	8,96	60,92	5,44	0	33,64	
Мантуровское	94,48	2,05	97,08	0,71	0,21	1,08	0,06	0,43	0	0,44	2,92	47,86	10,84	0,01	41,29	
Шарьинское <sup>1</sup>	95,02	0,93	96,32	0,92	0,43	1,03	0,02	1,12	0,01	0,14	3,68	41,14	15,7	0,15	43,02	
Поназыревское	94,95	1,44	96,98	0,96	0,12	1,19	0,04	0,24	0	0,48	3,02	7,72	26,85	0	65,43	
Пыщугское	96,03	2,14	98,56	0,23	0,19	0,67	0,02	0,1	0	0,23	1,44	6,58	37,49	0	55,93	
Шарьинское <sup>2</sup>	91,76	2,38	94,97	1,71	0,48	1,1	0,09	1,08	0	0,57	5,03	17,31	27,46	0,01	55,21	

Продолжение таблицы А.1.

Лесничество	Из раздела 7 3-я форма ГУЛФ					
	Таксационные показатели насаждений под типами лесов					
	Средневзвешенный бонитет			Средневзвешенная полнота		
	хвойные	твердолиственные	мягколиственные	хвойные	твердолиственные	мягколиственные
	X27 у.е.	X28 у.е.	X29 у.е.	X30 у.е.	X31 у.е.	X32 у.е.
Буйское	2,3	0	2,08	0,71	0	0,74
Вохомское	2,38	0	2,06	0,73	0	0,81
Галичское	2,21	0	2,08	0,69	0	0,77
Кологривское	2,43	0	2,2	0,73	0	0,8
Костромской	2,09	2,7	2,15	0,73	0,7	0,72
Межевской	2,38	0	2,06	0,72	0	0,77
Нейское	2,39	0	2,09	0,71	0	0,81
Антроповское	2,16	0	2,11	0,74	0	0,78
Островское	2,19	0	2,08	0,69	0	0,74
Павинское	2,09	0	2,05	0,76	0	0,76
Парфеньевское	2,1	0	2,04	0,72	0	0,76
Солигаличское	2,53	0	2,1	0,69	0	0,78
Октябрьское	2,25	0	2,05	0,68	0	0,73
Судиславское	2,23	0	2,17	0,73	0	0,74
Чухломское	2,43	0	2,1	0,67	0	0,76
Макарьевское <sup>1</sup>	2,37	0	2,26	0,68	0	0,73
Кадыйское	2,31	0	2,08	0,74	0	0,76
Макарьевское <sup>2</sup>	2,4	0	2,18	0,7	0	0,75
Мантуровское	2,53	4	2,17	0,67	0,6	0,74
Шарьинское <sup>1</sup>	2,49	3	2,15	0,74	0,62	0,81
Поназыревское	2,35	0	2,07	0,65	0	0,78
Пыщугское	2,45	0	2,14	0,69	0	0,76
Шарьинское <sup>2</sup>	2,38	2,83	2,13	0,74	0,5	0,8

Таблица Б.1. - Корреляционная матрица переменных

Переменные	Коэффициенты корреляции при переменных															
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>
X <sub>1</sub>	<b>1,000</b>															
X <sub>2</sub>	<b>0,470</b>	<b>1,000</b>														
X <sub>3</sub>	<b>-0,514</b>	0,085	<b>1,000</b>													
X <sub>4</sub>	-0,432	0,294	<b>0,888</b>	<b>1,000</b>												
X <sub>5</sub>	<b>0,452</b>	-0,265	<b>-0,920</b>	<b>-0,997</b>	<b>1,000</b>											
X <sub>6</sub>	0,423	-0,306	<b>-0,874</b>	<b>-1,000</b>	<b>0,995</b>	<b>1,000</b>										
X <sub>7</sub>	<b>-0,515</b>	-0,011	<b>0,980</b>	<b>0,779</b>	<b>-0,823</b>	<b>-0,759</b>	<b>1,000</b>									
X <sub>8</sub>	0,060	<b>0,474</b>	-0,011	<b>0,450</b>	-0,382	<b>-0,476</b>	-0,211	<b>1,000</b>								
X <sub>9</sub>	-0,362	0,369	<b>0,771</b>	<b>0,977</b>	<b>-0,959</b>	<b>-0,983</b>	<b>0,628</b>	<b>0,628</b>	<b>1,000</b>							
X <sub>10</sub>	0,114	<b>-0,478</b>	-0,321	<b>-0,720</b>	<b>0,666</b>	<b>0,740</b>	-0,125	<b>-0,944</b>	<b>-0,850</b>	<b>1,000</b>						
X <sub>11</sub>	-0,262	-0,397	0,414	-0,050	-0,024	0,080	<b>0,588</b>	<b>-0,915</b>	-0,260	<b>0,729</b>	<b>1,000</b>					
X <sub>12</sub>	<b>0,662</b>	<b>0,694</b>	-0,300	-0,191	0,211	0,182	-0,326	0,168	-0,126	-0,060	-0,274	<b>1,000</b>				
X <sub>13</sub>	0,217	-0,119	-0,269	-0,294	0,294	0,293	-0,240	-0,117	-0,283	0,199	-0,003	-0,092	<b>1,000</b>			
X <sub>14</sub>	<b>0,736</b>	<b>0,567</b>	<b>-0,456</b>	-0,356	0,378	0,347	<b>-0,468</b>	0,111	-0,284	0,045	-0,286	<b>0,881</b>	0,374	<b>1,000</b>		
X <sub>15</sub>	-0,142	0,400	0,318	<b>0,579</b>	<b>-0,545</b>	<b>-0,591</b>	0,182	<b>0,642</b>	<b>0,656</b>	<b>-0,713</b>	<b>-0,456</b>	-0,118	-0,061	-0,149	<b>1,000</b>	
X <sub>16</sub>	-0,438	-0,168	-0,015	0,109	-0,091	-0,116	-0,068	0,267	0,158	-0,248	-0,249	-0,354	-0,172	-0,426	0,343	<b>1,000</b>

Продолжение таблицы Б.1.

X <sub>17</sub>	<b>-0,531</b>	-0,353	0,153	0,215	-0,208	-0,217	0,115	0,171	0,228	-0,213	-0,094	<b>-0,476</b>	0,022	-0,435	0,389	0,446
X <sub>18</sub>	-0,154	-0,296	-0,243	-0,279	0,277	0,279	-0,211	-0,134	-0,274	0,207	0,024	-0,210	0,052	-0,127	0,006	0,226
X <sub>19</sub>	<b>-0,586</b>	<b>-0,534</b>	<b>0,483</b>	0,297	-0,332	-0,283	<b>0,530</b>	-0,291	0,190	0,117	<b>0,460</b>	<b>-0,756</b>	-0,446	<b>-0,914</b>	-0,102	0,129
X <sub>20</sub>	-0,293	0,062	0,413	0,425	-0,429	-0,422	0,379	0,123	0,399	-0,253	0,055	-0,298	<b>-0,471</b>	<b>-0,526</b>	0,133	0,283
X <sub>21</sub>	<b>-0,488</b>	<b>-0,572</b>	-0,153	-0,179	0,177	0,179	-0,131	-0,092	-0,177	0,138	0,022	<b>-0,548</b>	0,161	-0,441	-0,117	<b>0,532</b>
X <sub>22</sub>	<b>-0,736</b>	<b>-0,567</b>	<b>0,456</b>	0,356	-0,378	-0,347	<b>0,468</b>	-0,111	0,284	-0,045	0,286	<b>-0,881</b>	-0,374	<b>-1,000</b>	0,149	0,426
X <sub>23</sub>	<b>-0,668</b>	-0,116	<b>0,681</b>	<b>0,530</b>	<b>-0,563</b>	<b>-0,516</b>	<b>0,699</b>	-0,169	0,422	-0,065	0,429	-0,335	<b>-0,482</b>	<b>-0,580</b>	0,059	0,170
X <sub>24</sub>	<b>0,764</b>	0,353	<b>-0,621</b>	<b>-0,511</b>	<b>0,536</b>	<b>0,500</b>	<b>-0,626</b>	0,094	-0,423	0,116	-0,337	0,435	0,406	<b>0,642</b>	-0,177	-0,292
X <sub>25</sub>	-0,294	0,037	-0,029	0,163	-0,135	-0,174	-0,110	0,411	0,239	-0,380	-0,385	-0,012	-0,311	-0,160	0,248	<b>0,603</b>
X <sub>26</sub>	0,246	-0,225	-0,441	-0,311	0,337	0,300	<b>-0,468</b>	0,181	-0,228	-0,025	-0,343	0,061	0,355	0,239	0,110	0,053
X <sub>27</sub>	0,225	0,286	0,346	<b>0,458</b>	-0,447	<b>-0,462</b>	0,273	0,325	<b>0,476</b>	-0,422	-0,156	0,223	<b>-0,451</b>	-0,009	0,370	-0,101
X <sub>28</sub>	-0,302	0,081	0,248	0,381	-0,365	-0,387	0,173	0,347	0,414	-0,411	-0,216	-0,124	-0,128	-0,175	<b>0,530</b>	<b>0,642</b>
X <sub>29</sub>	<b>-0,483</b>	-0,162	<b>0,522</b>	<b>0,503</b>	<b>-0,514</b>	<b>-0,497</b>	<b>0,495</b>	0,079	<b>0,456</b>	-0,247	0,140	-0,304	-0,429	<b>-0,502</b>	0,138	0,278
X <sub>30</sub>	-0,003	-0,043	-0,208	-0,217	0,219	0,216	-0,190	-0,067	-0,205	0,133	-0,023	-0,163	<b>0,459</b>	0,027	0,054	0,357
X <sub>31</sub>	-0,357	0,007	0,162	0,304	-0,286	-0,311	0,089	0,347	0,347	-0,382	-0,250	-0,172	-0,175	-0,244	<b>0,467</b>	<b>0,754</b>
X <sub>32</sub>	0,411	0,377	-0,276	-0,071	0,105	0,057	-0,346	0,381	0,028	-0,270	<b>-0,458</b>	0,294	0,052	0,283	0,363	-0,001

Продолжение таблицы Б.1.

Переменные	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>	X <sub>26</sub>	X <sub>27</sub>	X <sub>28</sub>	X <sub>29</sub>	X <sub>30</sub>	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>
X <sub>17</sub>	<b>1,000</b>															
X <sub>18</sub>	<b>0,474</b>	<b>1,000</b>														
X <sub>19</sub>	0,145	0,014	<b>1,000</b>													
X <sub>20</sub>	0,108	-0,058	<b>0,570</b>	<b>1,000</b>												
X <sub>21</sub>	0,379	0,099	0,187	-0,130	<b>1,000</b>											
X <sub>22</sub>	0,435	0,127	<b>0,914</b>	<b>0,526</b>	0,441	<b>1,000</b>										
X <sub>23</sub>	0,165	0,016	<b>0,583</b>	<b>0,531</b>	0,142	<b>0,580</b>	<b>1,000</b>									
X <sub>24</sub>	<b>-0,468</b>	-0,131	<b>-0,544</b>	-0,400	-0,278	<b>-0,642</b>	<b>-0,835</b>	<b>1,000</b>								
X <sub>25</sub>	0,249	-0,116	-0,003	0,349	0,190	0,160	0,247	-0,233	<b>1,000</b>							
X <sub>26</sub>	0,279	0,133	-0,363	-0,448	0,088	-0,239	<b>-0,743</b>	0,252	-0,153	<b>1,000</b>						
X <sub>27</sub>	-0,035	-0,261	0,062	0,234	<b>-0,449</b>	0,009	0,155	-0,194	0,112	-0,037	<b>1,000</b>					
X <sub>28</sub>	0,389	0,037	-0,100	0,110	0,301	0,175	0,307	-0,302	<b>0,629</b>	-0,174	0,232	<b>1,000</b>				
X <sub>29</sub>	0,057	-0,177	<b>0,487</b>	0,301	0,137	<b>0,502</b>	<b>0,565</b>	<b>-0,468</b>	0,212	-0,424	0,370	0,318	<b>1,000</b>			
X <sub>30</sub>	0,115	0,076	-0,137	0,044	0,177	-0,027	-0,091	0,192	0,281	-0,075	-0,361	0,102	-0,074	<b>1,000</b>		
X <sub>31</sub>	0,407	0,032	-0,046	0,128	0,414	0,244	0,286	-0,299	<b>0,727</b>	-0,141	0,130	<b>0,974</b>	0,312	0,172	<b>1,000</b>	
X <sub>32</sub>	0,125	-0,053	-0,360	0,052	-0,245	-0,283	-0,177	0,154	0,179	0,123	0,391	0,013	-0,161	0,311	-0,011	<b>1,000</b>

Таблица В.1. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 1-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	106,8	11,4	I,72	0,69	28,81	0,00	2,53	3.38С2.87Б2.11Е1.53ОС0.11ИВД
Ель	2348.2	15,0	I,98	0.59	34,48	0,00	1,29	3.35Е2.93ОС2.54Б0.49ОЛС 0.42ИВД0.13С0.13ЛП0.01П
Береза	3742,5	6,1	I,74	0,63	12,46	0,00	2,02	4.72Б2.95ОС1.48Е0.4ИВД0.35ОЛС0 .1ЛП
Осина	4938,8	6,2	I,69	0,72	18,44	0,00	2,72	5.42ОС2.24Б1.05Е0.67ОЛС0.52 ИВД0.08ЛП0.01П0.01КЛ
Ольха серая	16,2	9,4	II,04	0,65	20,55	0,00	2,20	6.04ОЛС1.79ОС1.16Б0.94ИВД0.07Л П
Липа	39,8	8,7	I,94	0,73	31,28	0,00	3,24	4.32ЛП1.95ОС1.79Е1.15КЛ0.51Б 0.17ИВД0.11КЛО
Ива древовидная	6,7	10,0	II,10	0.69	18,95	0,00	1,90	6.6ИВД1.41Б1.05ОЛС0.73ОС0.21Е

Таблица В.2. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 2-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	415,6	35,3	I,49	0,79	136,58	0,00	3,78	4.28С2.65Б1.49ОС1.06Е0.38ЛП0.14ИВД
Ель	7604,4	32,6	I,95	0,58	98,63	0,00	2,19	4.45Е2.47Б2.32ОС0.24ОЛС0.19ИВД0.16ЛП0.15С0.02П
Береза	2430,0	17,8	I,92	0,75	51,54	0,00	2,85	4.81Б2.44ОС1.45Е0.60ЛС0.39ИВД0.18ЛП0.12С0.01ОЛЧ
Осина	3765,5	17,1	I,89	0,84	73,00	0,00	4,13	5.16ОС2.32Б1.29Е0.84ОЛС0.3ИВД0.09ЛП
Ольха серая	38,5	19,5	II,00	0,78	60,70	0,00	3,08	6.49ОЛС1.74Б0.95ОС0.78ИВД0.04ЛП
Липа	19,7	16,7	II,32	0,73	61,47	0,00	3,63	5.34ЛП1.63Е1.4Б0.87ОС0.51ОЛС0.25ИВД
Ива дерево-видная	21,4	18,5	II,32	0,63	46,45	0,00	2,42	6.75ИВД1.07Е0.93Б0.77ОЛС0.28ЛП0.2ОС

Таблица В.3. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 3-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	753,5	51,4	I,39	0,75	216,28	0,00	4,23	5.18С2.58Б1.06ОС0.94Е0.15ЛП0.05ОЛС 0.04ИВД
Ель	5603,9	51,3	I,66	0,69	196,83	0,00	3,72	5.02Е2.51Б1.72ОС0.35С0.18ЛП0.11ОЛС0.1П 0.01ИВД
Береза	6595,3	28,0	I,76	0,81	99,52	0,00	3,44	5.03Б2.57ОС1.45Е0.37ОЛС0.3ИВД0.15ЛП0.12С0. 01ОЛЧ
Осина	4168,8	28,0	I,88	0,83	128,66	0,00	4,39	4.86ОС2.39Б1.68Е0.77ОЛС0.25ИВД0.05ЛП
Ольха серая	120,1	28,3	I,48	0,73	101,22	0,00	3,50	5.47ОЛС1.67Б1.18Е0.96ОС0.7ИВД0.02С
Липа	31,1	27,7	II,17	0,69	95,69	0,00	3,45	4.74ЛП1.86Б1.42Е1.24ОС0.45ИВД0.29ОЛС
Ива дерево-видная	14,7	28,3	II,50	0,71	96,94	0,00	3,36	5.51ИВД1.68Б1.32ЛП0.66КЛО0.66Е0.17ОЛС

Таблица В.4. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 4-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	692,3	71,5	I,16	0,67	277,63	0,00	3,89	5.12С2.3Б1.35ОС1.09Е0.06П0.03ИВД0.03ДН0.02ОЛЧ
Ель	4806,6	72,0	I,52	0,65	260,46	0,00	3,60	5.43Е2.39Б1.41ОС0.45С0.21П0.07ЛП0.02ОЛС0.02ДН
Пихта	40,9	76,8	I,00	0,63	294,35	0,00	3,86	4.04П2.8ОС2.03Е1.13Б
Береза	14492,2	38,0	I,64	0,82	147,37	0,00	3,79	4.83Б2.65ОС1.56Е0.37ОЛС0.26ЛП0.25ИВД0.08С
Осина	4637,1	35,9	I,50	0,84	191,94	0,00	5,11	4.99ОС2.71Б1.54Е0.48ОЛС0.18ИВД0.09ЛП0.01ОЛЧ
Ольха серая	117,7	37,8	I,30	0,71	108,13	0,00	2,88	6.61ОЛС1.36Б1.03ОС0.59ИВД0.37Е0.04С
Липа	120,2	39,1	II,37	0,68	149,90	0,00	3,69	4.08ЛП2.13Е1.8Б1.29ОС0.49ИВД0.19ОЛС0.02КЛО
Ива древовидная	90,3	36,2	II,94	0,52	77,83	0,00	2,14	7.19ИВД1.7Б0.96ОС0.13Е0.02ОЛС
Дуб	5,6	74,6	I,20	0,64	245,71	0,00	3,30	6.75Д1.75ОС1.5С

Таблица В.5. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 5-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	715,8	89,9	I,36	0,61	274,80	274,61	3,05	4.84С2.41Б1.49Е1.15ОС0.09ОЛС0.02П
Ель	4933,3	91,3	II,01	0,63	278,04	274,54	3,04	5.58Е2.36Б1.21ОС0.48С0.3П0.05ЛП0.01ОЛС0.01ДН
Пихта	1,1	95,5	I,55	0,55	263,64	280,00	2,78	6.03П2.52Е0.97ЛП0.48ОС
Дуб низкоствольный	7,3	50,0	III,00	0,58	122,73	0,00	2,45	4.64ДН2.45Б1.62С0.96ОЛС0.33ОС
Береза	17968,1	48,0	I,45	0,80	183,92	0,00	3,73	5.01Б2.76ОС1.42Е0.26ЛП0.24ОЛС0.17ИВД0.14С
Осина	3629,4	46,9	I,25	0,81	244,97	246,88	5,17	5.44ОС2.65Б1.18Е0.27ЛП0.21ОЛС0.16С0.09ИВД
Ольха серая	98,5	46,8	I,74	0,61	133,76	137,09	2,87	6.28ОЛС2.28Б0.63ОС0.51Е0.21С0.09ИВД
Липа	140,4	49,0	I,82	0,70	243,72	0,00	4,45	4ЛП2.78Е2.01Б0.73ОС0.48ИВД
Ива древовидная	10,6	45,0	II,85	0,58	108,49	90,00	2,41	9.91ИВД0.09Б
Дуб	5,9	85,0	II,83	0,48	148,30	0,00	1,74	4.32Д2.84ОС2Б0.84ИВД

Таблица В.6. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 6-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	283,7	110,3	II,04	0,62	275,31	275,31	2,49	5.18С1.9ОС1.7Б1.22Е
Ель	1899,8	113,6	II,15	0,58	291,05	291,05	2,52	5.45Е2.14Б1.45ОС0.56П0.37С0.02ЛП0.01ОЛЧ
Дуб низкоствольный	9,6	58,9	III,00	0,56	129,58	0,00	2,19	5.23ДН2.71Б1.47ОС0.39С0.2ОЛС
Береза	10947	56,1	I,43	0,76	209,40	0,00	3,71	5.49Б2.85ОС1.01Е0.22ЛП0.2С0.17ОЛС 0.05ИВД0.01ДН
Осина	2541,0	57,1	I,21	0,77	273,45	273,45	4,81	5.45ОС2.87Б0.92Е0.33С0.18ОЛС0.14ЛП0.05ИВ Д0.04ДН0.01ОЛЧ0.01Д
Ольха серая	46,3	55,8	II,22	0,56	140,56	140,56	2,53	6.73ОЛС1.74Б0.88Е0.65ОС
Липа	35,2	59,2	II,14	0,64	263,49	0,00	4,28	5.23ЛП1.84Е1.82Б1.07ОС0.04ИВД

Таблица В.7. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 7-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Сосна	15,2	138,8	II,00	0,59	278,22	278,22	2,01	5.25С2.75Б1.68П0.32Е
Ель	667,0	134,4	II,23	0,54	285,76	285,76	2,07	5.42Е2.3Б1.33ОС0.6П0.25ЛП0.05С0.03ОЛЧ0.02ОЛС
Дуб низкоствольный	27,8	70,0	III,00	0,61	188,63	206,00	2,70	5.07ДН2.6ОС0.96С0.65Б0.61Е0.11ЛП
Береза	13053,1	67,0	I,31	0,69	216,74	216,23	3,22	5.56Б2.76ОС1.12Е0.31С0.11ОЛС0.1ЛП0.02ДН0.01ОЛЧ0.01ИВД
Осина	2393,2	68,0	I,18	0,67	267,86	267,86	3,96	5.6ОС2.84Б1.1Е0.33С0.04ОЛС0.04ЛП0.02П0.02ОЛЧ0.01ДН
Ольха серая	18,8	68,5	II,63	0,63	173,56	173,56	2,55	6.69ОЛС1.45Б0.96Е0.9ЛП
Липа	27,1	68,1	II,00	0,64	298,89	315,47	4,41	4.37ЛП2.17Б1.7ОС1.64Е0.12П

Таблица В.8. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 8-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Ель	422,9	153,3	II,08	0,52	281,98	281,98	1,85	5.38E2.49B1.15OC0.6П0.25ЛП0.09C0.04ДН
Пихта	3,4	160,0	II,00	0,60	370,00	370,00	2,31	5ПЗС1ОС1Б
Дуб низкоствольный	34,6	80,0	III,00	0,62	220,40	220,40	2,76	5.52ДН2.48OC2Б
Береза	8181,2	76,9	I,28	0,66	225,19	225,19	2,89	5.49B2.67OC1.38E0.26C0.08ОЛС0.08ЛП0.02П0.02ДН
Осина	2293,3	76,5	I,22	0,66	282,06	282,06	3,65	5.54OC2.72Б1.44E0.17C0.07П0.04ЛП0.01ОЛС0.01ДН
Липа	4,1	75,0	II,00	0,60	300,00	300,00	4,00	5ЛП2Е2Б1ОС
Сосна	13,0	150,0	III,00	0,30	250,00	250,00	0,87	6.88C2.08Л1.04Б

Таблица В.9. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 9-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Дуб низкоствольный	126,7	89,1	II,91	0,60	213,12	213,12	2,39	4.79ДН2.17Б2.06ОС0.76Е0.22С
Береза	2336,3	87,1	I,45	0,63	224,68	224,68	2,54	5.32Б2.56ОС1.85Е0.1С0.08ЛП0.03ОЛС0.02ПО.02ОЛЧ0.02ДН
Осина	668,7	87,5	I,28	0,63	280,25	280,25	3,15	5.32ОС2.34Б1.94Е0.15С0.1ДН0.06ПО.04ОЛС0.02ЛП0.02В0.01ОЛЧ
Липа	11,7	90,0	II,10	0,69	361,03	361,03	3,92	5.1ЛП2.68ОС1.79ДН0.26Е0.17Б

Таблица В.10. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 10-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Дуб низкоствольный	8,0	95,0	III,00	0,60	220,00	220,00	2,32	5ДН3ОС2Б
Береза	450,7	98,5	I,65	0,61	225,59	225,59	2,15	5.07Б2.7Е1.99ОС0.12ПО.11ЛП0.01С
Осина	221,0	98,8	I,46	0,61	277,04	277,04	2,72	4.74ОС2.94Е1.86Б0.23ЛП0.14ПО.09ДН
Липа	7,9	100,0	II,00	0,66	355,44	355,44	3,55	5.82ЛП2.38Б1.8Е

Таблица В.11. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 11-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Береза	156,9	110,0	I,90	0,49	182,66	182,66	1,50	4.88Б2.82Е1.65ОС0.51ЛП0.14П
Осина	85,3	110,0	I,98	0,56	245,15	245,15	2,16	5.83ОС2.83Е1.34Б

Таблица В.12. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 12-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Береза	110,1	120,0	II,04	0,60	219,11	219,11	1,70	4.63Б3.33Е1.8ОС0.09ЛП0.05С0.05П0.05ОЛС
Осина	83,3	120,0	I,95	0,59	262,62	262,62	2,17	5.27ОС2.2Е2.12Б0.17С0.14П0.06ОЛС0.04ДН

Таблица В.13. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 13-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Береза	41,2	130,0	1,94	0,52	179,85	179,85	1,38	6.24Б2.35Е1.41ОС

Таблица В.14 – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 14-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Береза	5,6	140,0	II,00	0,43	158,03	158,03	1,13	5.61Б2.8Е1.59ОС

Таблица В.15. – Средневзвешенные таксационные показатели по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 15-й класс возраста

Преобладающая порода	Площадь, га	Средневзвешенные таксационные показатели						
		Возраст, лет	Класс бонитета	Относительная полнота, ед.	Запас насаждений на 1 га, м <sup>3</sup>		Средний прирост по запасу на 1 га покрытых лесной растительностью, м <sup>3</sup>	Состав насаждения
					покрытых лесной растительностью	спелых и перестойных		
Береза	5,5	150,0	I,58	0,60	216,72	216,72	1,44	6Б3.07Е0.93ОС

Приложение Г

Таблица Г.1. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (1-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава									
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ива древовидная	Пихта	Клен	Σ
Сосна	3.38С2.87Б2.11Е1.53ОС0.11ИВД	1619	2105	1675	725			31			6154
Ель	3.35Е2.93ОС2.54Б0.49ОЛС0.42ИВД0.13С0.13ЛП0.01П	38	1831	813	779	92	43	62	5		3663
Береза	4.72Б2.95ОС1.48Е0.4ИВД0.35ОЛС0.1ЛП		4715	6776	3604	376	152	264			15886
Осина	5.42ОС2.24Б1.05Е0.67ОЛС0.52ИВД0.08ЛП0.01П0.01КЛ		3155	3726	7513	844		393	3	12	15646
Ольха серая	6.04ОЛС1.79ОС1.16Б0.94ИВД0.07ЛП			881	1101	2854	56	325			5216
Липа	4.32ЛП1.95ОС1.79Е1.15КЛ0.51Б0.17ИВД0.11КЛО		2834	484	1536		4458	78		946	10336
Ива древовидная	6.6ИВД1.41Б1.05ОЛС0.73ОС0.21Е		254	1023	430	471		2247			4425

Таблица Г.2. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (2-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава									
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ива древовидная	Ольха черная	Пихта	Σ
Сосна	4.28С2.65Б1.49ОС1.06Е0.38ЛП0.14ИВД	588	175	264	132		46	7			1213
Ель	4.45Е2.47Б2.32ОС0.24ОЛС0.19ИВД0.16ЛП0.15С0.02П	18	691	245	192	16	16	9		3	1190
Береза	4.81Б2.44ОС1.45Е0.6ОЛС0.39ИВД0.18ЛП0.12С0.01ОЛЧ	38	762	1496	622	116	64	62	3		3163
Осина	5.16ОС2.32Б1.29Е0.84ОЛС0.3ИВД0.09ЛП		810	861	1551	198	40	59			3518
Ольха серая	6.49ОЛС1.74Б0.95ОС0.78ИВД0.04ЛП			490	219	1160	13	114			1995
Липа	5.34ЛП1.63Е1.4Б0.87ОС0.51ОЛС0.25ИВД		926	470	239	105	2017	42			3798
Ива древовидная	6.75ИВД1.07Е0.93Б0.77ОЛС0.28ЛП0.2ОС		443	2301	41	114	74	790			3762

Таблица Г.3. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (3-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава										Σ
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ива древовидная	Ольха черная	Пихта	Клен	
Сосна	5.18С2.58Б1.06ОС0.94Е0.15ЛП0.05ОЛС0.04ИВД	429	85	148	54	3	10	1				731
Ель	5.02Е2.51Б1.72ОС0.35С0.18ЛП0.11ОЛС0.1П0.01ИВД	30	483	162	91	6	12	0		10		793
Береза	5.03Б2.57ОС1.45Е0.37ОЛС0.3ИВД0.15ЛП0.12С0.01ОЛЧ	25	401	863	360	44	30	27	1			1751
Осина	4.86ОС2.39Б1.68Е0.77ОЛС0.25ИВД0.05ЛП		477	421	697	94	10	23				1722
Ольха серая	5.47ОЛС1.67Б1.18Е0.96ОС0.7ИВД0.02С	3	253	210	108	524		43				1141
Липа	4.74ЛП1.86Б1.42Е1.24ОС0.45ИВД0.29ОЛС		339	276	152	29	770	33				1599
Ива древовидная	5.51ИВД1.68Б1.32ЛП0.66КЛО0.66Е0.17ОЛС		174	320		18	237	484			100	1333

Таблица Г.4. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (4-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава												Σ
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ива древовидная	Ольха черная	Пихта	Клен	Дуб	Дуб низкоствольный	
Сосна	5.12С2.3Б1.35ОС1.09Е0.06П0.03ИВД0.03ДН0.02ОЛЧ	252	57	79	31				1	1			1	421
Ель	5.43Е2.39Б1.41ОС0.45С0.21П0.07ЛП0.02ОЛС0.02ДН	24	314	96	46	1	3			12			1	496
Пихта	4.04П2.8ОС2.03Е1.13Б		91	34	73					181				378
Береза	4.83Б2.65ОС1.56Е0.37ОЛС0.26ЛП0.25ИВД0.08С	12	275	549	245	32	34	15						1162
Осина	4.99ОС2.71Б1.54Е0.48ОЛС0.18ИВД0.09ЛП0.01ОЛЧ		303	341	510	46	13	12	1					1226
Ольха серая	6.61ОЛС1.36Б1.03ОС0.59ИВД0.37Е0.04С	5	57	135	84	489		29						798
Липа	4.08ЛП2.13Е1.8Б1.29ОС0.49ИВД0.19ОЛС0.02КЛО		297	163	96	13	392	22			2			986
Ива древовидная	7.19ИВД1.7Б0.96ОС0.13Е0.02ОЛС		17	152	68	1		290						528
Дуб	6.75Д1.75ОС1.5С	66			48							179		293

Таблица Г.5. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (5-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава										
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ива древовидная	Пихта	Дуб	Дуб низкоствольный	Σ
Сосна	4.84С2.41Б1.49Е1.15ОС0.09ОЛС0.02П	163	53	58	24	3			1			302
Ель	5.58Е2.36Б1.21ОС0.48С0.3П0.05ЛП0.01ОЛС0.01ДН	19	234	70	29		1		13			366
Пихта	6.03П2.52Е0.97ЛП0.48ОС		87		9		21		209			326
Дуб низкоствольный	4.64ДН2.45Б1.62С0.96ОЛС0.33ОС	26		160	17	46					247	495
Береза	5.01Б2.76ОС1.42Е0.26ЛП0.24ОЛС0.17ИВД0.14С	15	175	408	182	17	24	7				828
Осина	5.44ОС2.65Б1.18Е0.27ЛП0.21ОЛС0.16С0.09ИВД	16	132	185	336	14	23	3				709
Ольха серая	6.28ОЛС2.28Б0.63ОС0.51Е0.21С0.09ИВД	17	49	146	33	320		3				568
Липа	4ЛП2.78Е2.01Б0.73ОС0.48ИВД		289	139	41		291	16				778
Ива древовидная	9.91ИВД0.09Б			7				347				354
Дуб	4.32Д2.84ОС2Б0.84ИВД			57	61			10		74		203

Таблица Г.6. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (6-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава										
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ива древовидная	Ольха черная	Пихта	Дуб низкоствольный	Σ
Сосна	5.18С1.9ОС1.7Б1.22Е	159	41	41	35							276
Ель	5.45Е2.14Б1.45ОС0.56П0.37С0.02ЛП0.01ОЛЧ	10	164	46	24					17		262
Дуб низкоствольный	5.23ДН2.71Б1.47ОС0.39С0.2ОЛС	24		139	10	8					215	396
Береза	5.49Б2.85ОС1.01Е0.22ЛП0.2С0.17ОЛС0.05ИВД0.01ДН	15	82	287	131	9	13	1			1	540
Осина	5.45ОС2.87Б0.92Е0.33С0.18ОЛС0.14ЛП0.05ИВД0.04ДН0.01ОЛЧ0.01Д	25	74	149	248	10	8	1	1		2	519
Ольха серая	6.73ОЛС1.74Б0.88Е0.65ОС		61	82	25	270						438
Липа	5.23ЛП1.84Е1.82Б1.07ОС0.04ИВД		135	91	44		258	1				529

Таблица Г.7. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (7-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава									
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ольха черная	Пихта	Дуб низкоствольный	Σ
Сосна	5.25С2.75Б1.68П0.32Е	116	8	50					42		216
Ель	5.42Е2.3Б1.33ОС0.6П0.25ЛП0.05С0.03ОЛЧ0.02ОЛС	1	128	40	17	1	3	1	14		205
Дуб низкоствольный	5.07ДН2.6ОС0.96С0.65Б0.61Е0.11ЛП	54	38	30	89		4			178	393
Береза	5.56Б2.76ОС1.12Е0.31С0.11ОЛС0.1ЛП0.02ДН0.01ОЛЧ0.01ИВД	17	65	213	93	5	4			1	397
Осина	5.6ОС2.84Б1.1Е0.33С0.04ОЛС0.04ЛП0.02П0.02ОЛЧ0.01ДН	17	61	104	179	2	2	1			365
Ольха серая	6.69ОЛС1.45Б0.96Е0.9ЛП		68	74		295	42				478
Липа	4.37ЛП2.17Б1.7ОС1.64Е0.12П		100	92	58		179		7		436

Таблица Г.8. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (8-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава									
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Пихта	Дуб низкоствольный	Лиственница	Σ
Ель	5.38Е2.49Б1.15ОС0.6П0.25ЛП0.09С0.04ДН	2	107	36	13		3	12			173
Пихта	5ПЗС1ОС1Б	58		16	12			111			197
Дуб низкоствольный	5.52ДН2.48ОС2Б			79	74				165		318
Береза	5.49Б2.67ОС1.38Е0.26С0.08ОЛС0.08ЛП0.02П0.02ДН	12	65	171	72	3	3	1	1		327
Осина	5.54ОС2.72Б1.44Е0.17С0.07П0.04ЛП0.01ОЛС0.01ДН	8	68	85	151		1	3			317
Липа	5ЛП2Е2Б1ОС		101	71	29		164				365
Сосна	6.88С2.08Л1.04Б	68		21						10	99

Таблица Г.9. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (9-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава										
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Ольха черная	Пихта	Вяз	Дуб низко-ствольный	Σ
Дуб низко-ствольный	4.79ДН2.17Б2.06ОС0.76Е0.22С	9	35	74	52						120	290
Береза	5.32Б2.56ОС1.85Е0.1С0.08ЛП0.03ОЛС0.02П0.02ОЛЧ0.02ДН	4	71	137	57	1	2	1				273
Осина	5.32ОС2.34Б1.94Е0.15С0.1ДН0.06П0.04ОЛС0.02ЛП0.02В0.01ОЛЧ	5	74	60	118	1	1		2	1	1	264
Липа	5.1ЛП2.68ОС1.79ДН0.26Е0.17Б		12	6	70		162				49	299

Таблица Г.10. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (10-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава						Σ
		Ель	Береза	Осина	Липа	Пихта	Дуб низко-ствольный	
Дуб низкоствольный	5ДН3ОС2Б		63	70			115	249
Береза	5.07Б2.7Е1.99ОС0.12П0.11ЛП0.01С	100	135	42	3	4		284
Осина	4.74ОС2.94Е1.86Б0.23ЛП0.14П0.09ДН	94	41	88	5	4	2	234
Липа	5.82ЛП2.38Б1.8Е	71	67		152			290

Таблица Г.11. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (11-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава					Σ
		Ель	Береза	Осина	Липа	Пихта	
Береза	4.88Б2.82Е1.65ОС0.51ЛП0.14П	74	93	25	8	4	203
Осина	5.83ОС2.83Е1.34Б	85	29	99			213

Таблица Г.12. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (12-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава								
		Сосна	Ель	Береза	Осина	Ольха серая	Липа	Пихта	Дуб низко-ствольный	Σ
Береза	4.63Б3.33Е1.8ОС0.09ЛП0.05С0.05П0.05ОЛС	1	98	99	30	2	2	1		233
Осина	5.27ОС2.2Е2.12Б0.17С0.14П0.06ОЛС0.04ДН	4	64	44	85	2		4	1	204

Таблица Г.13. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (13-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава			
		Ель	Береза	Осина	Σ
Береза	6.24Б2.35Е1.41ОС	55	106	18	180

Таблица Г.14. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (14-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава			
		Ель	Береза	Осина	Σ
Береза	5.61Б2.8Е1.59ОС	50	74	16	139

Таблица Г.15. - Число стволов на 1 га полученное посредством компьютерного моделирования по ИСС ЛТН (15-й класс возраста)

Преобладающая порода	Состав насаждения	Число стволов на 1 га по формуле состава			
		Ель	Береза	Осина	Σ
Береза	6Б3.07Е0.93ОС	72	103	12	187

Приложение Д

Таблица Д.1. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 1-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,05	280,87	19	12	0,60	12
Ель	0,08	342,57	363	26	2,11	42
Береза	0,02	206,00	681	107	2,03	41
Осина	0,02	140,17	889	38	0,73	15
Ольха серая	0,06	38,50	14	6	0,32	6
Липа	0,03	308,68	12	9	0,26	5
Ива древовидная	0,07	71,14	5	4	0,28	6

Таблица Д.2. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 2-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,05	280,87	19	12	0,60	12
Ель	0,08	342,57	363	26	2,11	42
Береза	0,02	206,00	681	107	2,03	41
Осина	0,02	140,17	889	38	0,73	15
Ольха серая	0,06	38,50	14	6	0,32	6
Липа	0,03	308,68	12	9	0,26	5
Ива древовидная	0,07	71,14	5	4	0,28	6

Таблица Д.3. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub>

(Шарьинский лесной район) 3-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,34	2142,72	151	4	1,47	29
Ель	0,32	3230,40	874	8	2,50	50
Береза	0,14	651,97	850	6	0,90	18
Осина	0,15	880,16	532	5	0,74	15
Ольха серая	0,22	935,36	52	8	1,67	33
Липа	0,16	750,76	8	4	0,66	13
Ива древовидная	0,19	2433,72	7	6	1,06	21

Таблица Д.4. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 4-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,47	3448,24	173	4	2,00	40
Ель	0,40	2074,82	941	3	1,18	24
Пихта	0,53	446,85	4	1	0,30	6
Береза	0,17	963,01	1458	4	0,73	15
Осина	0,16	1329,63	470	3	0,56	11
Ольха серая	0,25	569,83	51	4	1,09	22
Липа	0,20	2150,10	21	7	1,34	27
Ива древовидная	0,38	502,87	22	6	2,29	46
Дуб	0,68	4379,59	2	2	1,19	24

Таблица Д.5. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub>

## (Шарьинский лесной район) 5-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,66	2558,45	142	3	2,12	42
Ель	0,55	1934,98	912	2	1,31	26
Пихта	0,61	453,72	2	1	0,47	9
Дуб низкоствольный	0,40	1688,21	7	4	1,82	36
Береза	0,24	1346,32	1847	4	0,92	18
Осина	0,28	1860,76	486	3	0,84	17
Ольха серая	0,35	958,62	39	5	1,64	33
Липа	0,26	1571,12	14	2	0,59	12
Ива древовидная	0,57	403,42	3	2	1,06	21
Дуб	0,99	71,85	2	0	0,47	9

Таблица Д.6. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub>  
(Шарьинский лесной район) 6-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,72	1879,59	31	2	1,65	33
Ель	0,76	2322,79	362	3	2,00	40
Дуб низкоствольный	0,51	444,25	8	2	1,08	22
Береза	0,37	1858,78	1365	4	1,50	30
Осина	0,39	2235,72	429	3	1,10	22
Ольха серая	0,46	1807,61	16	6	2,70	54
Липа	0,38	5145,99	10	4	1,67	33

Таблица Д.7. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 7-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Сосна	0,70	4130,39	3	2	1,50	30
Ель	0,73	2968,74	126	3	2,51	50
Дуб низкоствольный	0,38	1524,03	8	3	1,13	23
Береза	0,38	1735,38	1973	4	1,34	27
Осина	0,41	2693,26	451	4	1,47	29
Ольха серая	0,31	2892,82	4	3	0,95	19
Липа	0,34	2283,44	9	2	0,73	15

Таблица Д.8. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 8-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Ель	0,87	2532,05	69	3	2,58	52
Пихта	0,76	0,00	1	-	-	-
Дуб низкоствольный	0,47	630,85	4	1	0,55	11
Береза	0,46	1744,03	1545	3	1,51	30
Осина	0,47	2315,27	457	3	1,32	26
Липа	0,41	0,00	1	-	-	-
Сосна	1,52	0,00	1	-	-	-

Таблица Д.9. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 9-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Дуб низкоствольный	0,52	228,13	24	0	0,26	5
Береза	0,55	1832,41	505	3	2	38
Осина	0,57	2373,00	177	3	1,63	33
Липа	0,50	3997,96	2	1	0,75	15

Таблица Д.10. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 10-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Дуб низкоствольный	0,60	0,00	1	-	-	-
Береза	0,53	1652,34	125	3	2	32
Осина	0,64	1426,40	55	2	1,13	23
Липа	0,52	1326,72	3	1	0,52	10

Таблица Д.11. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 11-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Береза	0,74	1854,27	33	5	3,49	70
Осина	0,70	1277,18	18	2	1	27

Таблица Д.12. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub>

(Шарьинский лесной район) 12-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Береза	0,64	1713,24	21	3	1,98	40
Осина	0,73	1561,43	18	2	1	30

Таблица Д.13. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub>

(Шарьинский лесной район) 13-й класс возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
Береза	0,83	599,19	8	2	1,35	27

Таблица Д.14. - Расчетные значения объема работ по выборочной инвентаризации по типическим выборкам в разрезе ТЛУ - С<sub>3</sub>

(Шарьинский лесной район) 14-й и 15-й классы возраста

Преобладающая порода	Средний размер ПП, га	Дисперсия запаса на 1 га	Число выделов в генеральной совокупности, шт.	Необходимое количество ПП при средней площади пробы (при допустимом отклонении по запасу $\pm 20\%$ ), шт.	Суммарная площадь проб, га	Необходимое количество ПП (при площади пробы - 0,05га), шт.
14-й класс возраста						
Береза	1,08	1825,57	2	2	1,88	38
15-й класс возраста						
Береза	0,80	821,42	2	1	1,00	20

Таблица Е.1. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 1-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	5,8	0,3	0,4	0,2	0	-1,2	-0,3	-0,4	0,0
Ель	1,5	6,9	0,4	0,5	0,2	0	-3,2	0,0	0,0	0,0
Береза	1,5	2,5	0,3	0,3	0,2	0	-0,1	0,1	0,1	0,0
Осина	1,5	3,7	0,3	0,3	0,2	0	0,8	-0,1	0,2	0,0
Ольха серая	1,5	4,1	0,5	0,5	0,2	0	-3,8	-0,5	-0,1	-0,1
Липа	1,5	6,3	0,5	0,4	0,2	0	-5,0	-0,4	0,0	-0,1
Ива древовидная	1,5	3,8	0,5	0,6	0,2	0	0,7	-0,4	-0,3	0,1

Таблица Е.2. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 2-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	27,3	1,3	1,5	0,2	0	2,3	0,1	0,3	0,0
Ель	1,5	19,7	0,9	1,1	0,2	0	1,2	-0,1	0,0	0,0
Береза	1,5	10,3	0,9	0,8	0,2	0	7,6	0,8	0,6	0,0
Осина	1,5	14,6	0,9	0,9	0,2	0	1,9	0,2	0,1	0,0
Ольха серая	1,5	12,1	1,0	1,0	0,2	0	-0,8	-0,1	-0,1	0,0
Липа	1,5	12,3	0,8	0,7	0,2	0	-1,7	-0,1	-0,4	0,0
Ива древовидная	1,5	9,3	0,8	0,7	0,2	0	6,4	0,6	0,5	0,0

Таблица Е.3. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 3-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.(±20%)	высота, м (±10%)	диаметр, см (±12%)	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	43,3	1,8	2,3	0,2	0	-16,4	-0,8	-1,1	0,0
Ель	1,5	39,4	1,7	2,0	0,2	0	12,2	-0,3	-0,2	0,1
Береза	1,5	19,9	1,4	1,3	0,2	0	-2,3	0,0	0,5	0,0
Осина	1,5	25,7	1,3	1,3	0,2	0	2,4	-0,1	-0,5	0,0
Ольха серая	1,5	20,2	1,4	1,5	0,2	0	4,2	0,4	-0,1	0,0
Липа	1,5	19,1	1,2	1,2	0,2	0	1,2	-0,1	-0,1	0,0
Ива древовидная	1,5	19,4	1,2	1,1	0,2	0	16,7	0,3	0,5	0,1

Таблица Е.4. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 4-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.(±20%)	высота, м (±10%)	диаметр, см (±12%)	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	55,5	2,4	3,1	0,2	0	-15,6	-0,6	-0,5	0,0
Ель	1,5	52,1	2,2	2,7	0,2	0	4,2	0,8	0,4	0,0
Пихта	1,5	58,9	2,5	3,4	0,2	0	3,8	-0,7	0,5	0,0
Береза	1,5	29,5	1,7	1,7	0,2	0	10,2	0,6	0,9	0,0
Осина	1,5	38,4	1,7	1,8	0,2	0	25,2	1,1	1,1	0,0
Ольха серая	1,5	21,6	1,5	1,7	0,2	0	11,0	0,1	1,0	0,0
Липа	1,5	30,0	1,5	1,5	0,2	0	2,3	-0,2	0,5	0,0
Ива древовидная		15,6	1,3	1,6			2,8	0,1	-0,3	0,0
Дуб		49,1	2,4	4,3			2,0	0,0	0,0	0,0

Таблица Е.5. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 5-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	55,0	2,6	3,6	0,2	0	6,7	0,0	-0,8	0,0
Ель	1,5	55,6	2,4	3,0	0,2	0	-4,8	-0,6	-0,5	0,0
Пихта	1,5	52,7	2,6	3,1	0,2	0	7,9	0,3	1,0	0,0
Дуб низкоствольный	1,5	24,5	1,6	2,7	0,2	0	-1,9	-0,1	-0,3	0,0
Береза	1,5	36,8	2,0	2,1	0,2	0	-5,7	-0,4	-0,5	0,0
Осина	1,5	49,0	2,1	2,4	0,2	0	9,0	0,6	1,2	0,0
Ольха серая	1,5	26,8	1,9	2,1	0,2	0	-2,8	0,1	0,4	0,0
Липа	1,5	48,7	1,9	2,1	0,2	0	11,8	0,5	0,8	0,0
Ива древовидная	1,5	21,7	1,5	1,9	0,2	0	-0,4	0,0	0,0	0,0
Дуб	1,5	29,7	2,0	3,1	0,2	0	1,2	-0,2	0,0	0,0

Таблица Е.6. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 6-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	55,1	2,6	3,8	0,2	0	-7,3	-0,4	-0,2	0,0
Ель	1,5	58,2	2,6	3,4	0,2	0	-1,9	-0,4	-0,6	0,0
Дуб низкоствольный	1,5	25,9	1,7	2,9	0,2	0	-2,0	0,0	0,2	0,0
Береза	1,5	41,9	2,3	2,4	0,2	0	0,0	0,9	2,3	-0,1
Осина	1,5	54,7	2,4	2,9	0,2	0	-6,0	0,3	0,1	0,0
Ольха серая	1,5	28,1	2,0	2,3	0,2	0	-4,1	-0,2	0,4	0,0
Липа	1,5	52,7	2,1	2,5	0,2	0	-2,4	0,2	0,2	0,0

Таблица Е.7. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 7-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки +/- по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.(±20%)	высота, м (±10%)	диаметр, см (±12%)	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Сосна	1,5	55,6	2,7	3,9	0,2	0	-0,2	0,1	0,3	0,0
Ель	1,5	57,2	2,7	3,7	0,2	0	11,5	0,0	-0,4	0,0
Дуб низкоствольный	1,5	37,7	2,0	3,4	0,2	0	1,3	0,0	0,2	0,0
Береза	1,5	43,3	2,5	2,8	0,2	0	25,3	1,6	1,9	0,1
Осина	1,5	53,6	2,6	3,5	0,2	0	-3,0	0,3	-0,1	0,0
Ольха серая	1,5	34,7	2,2	2,8	0,2	0	13,1	0,2	0,3	0,0
Липа	1,5	59,8	2,3	2,8	0,2	0	-11,5	0,0	-0,4	0,0

Таблица Е.8. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 8-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.(±20%)	высота, м (±10%)	диаметр, см (±12%)	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Ель	1,5	56,4	2,8	3,8	0,2	0	24,6	0,2	0,6	0,0
Дуб низкоствольный	1,5	44,1	2,1	3,4	0,2	0	-0,7	0,0	0,0	0,0
Береза	1,5	45,0	2,6	3,1	0,2	0	-0,6	-0,2	-0,7	0,0
Осина	1,5	56,4	2,7	3,9	0,2	0	0,2	0,9	1,8	0,0

Таблица Е.9. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 9-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Дуб низкоствольный	1,5	42,6	2,2	3,6	0,2	0	-5,7	-0,8	0,8	0,0
Береза	1,5	44,9	2,7	3,2	0,2	0	-9,0	0,1	0,6	0,0
Осина	1,5	56,1	2,7	4,0	0,2	0	23,5	0,2	-0,8	0,0
Липа	1,5	72,2	2,5	3,8	0,2	0	5,8	0,2	0,5	0,0

Таблица Е.10. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 10-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Береза	1,5	45,1	2,7	3,4	0,2	0	1,8	0,1	0,0	0,0
Осина	1,5	55,4	2,8	4,2	0,2	0	1,0	0,5	0,5	0,0
Липа	1,5	71,1	2,5	3,1	0,2	0	-2,7	-0,1	0,0	0,0

Таблица Е.11. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 11-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Береза	1,5	36,5	2,7	3,5	0,2	0	-0,8	0,3	0,6	0,0
Осина	1,5	49,0	2,7	4,0	0,2	0	-4,1	0,2	0,2	0,0

Таблица Е.12. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 12-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Береза	1,5	43,8	2,7	3,5	0,2	0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Осина	1,5	52,5	2,7	4,2	0,2	0	-9,6	0,0	0,1	0,0

Таблица Е.13. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 13-й класс возраста

Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Береза	1,5	36,0	2,7	3,7	0,2	0	-3,4	0,1	0,5	0,0

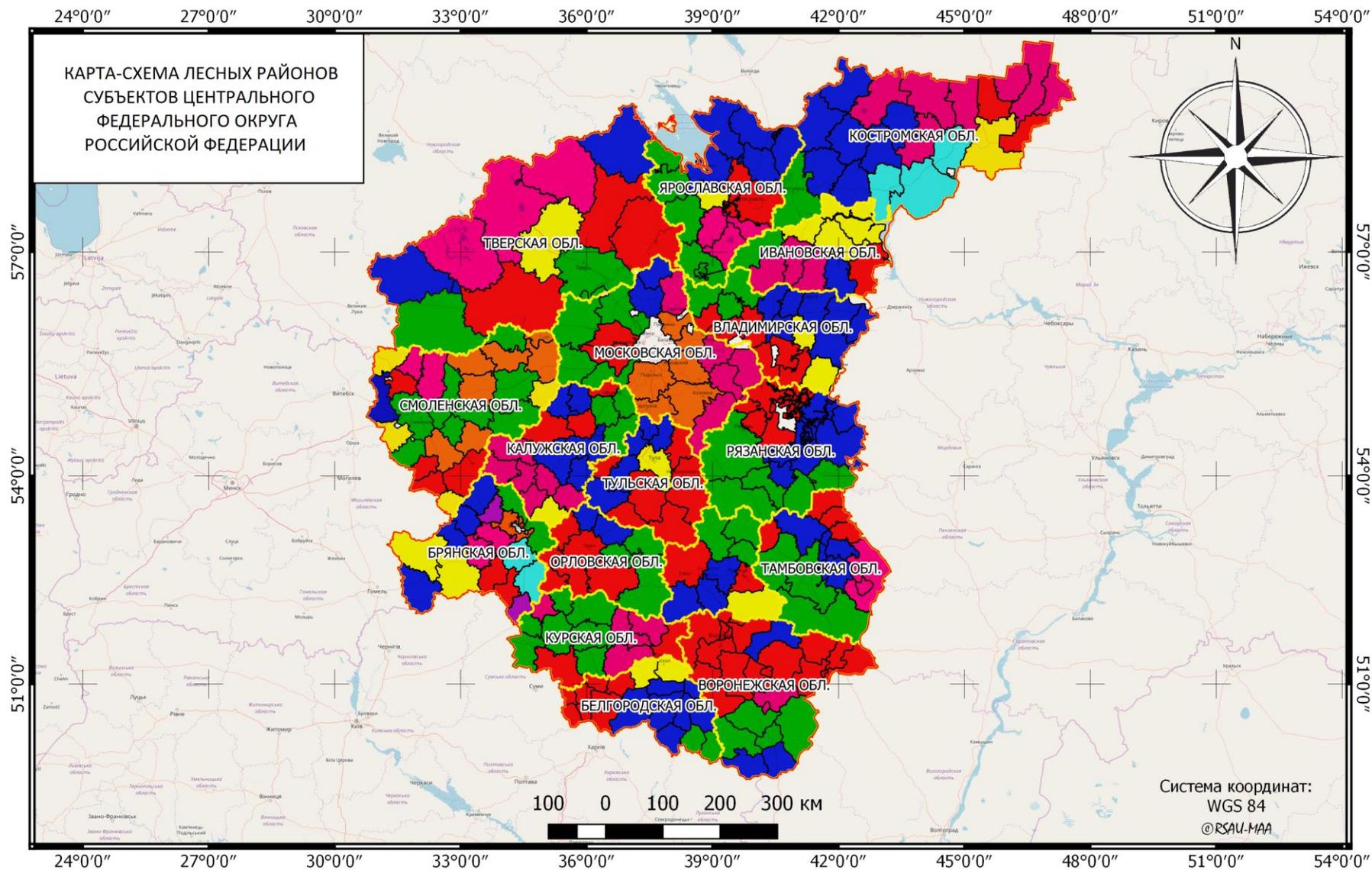
Таблица Е.14. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 14-й класс возраста

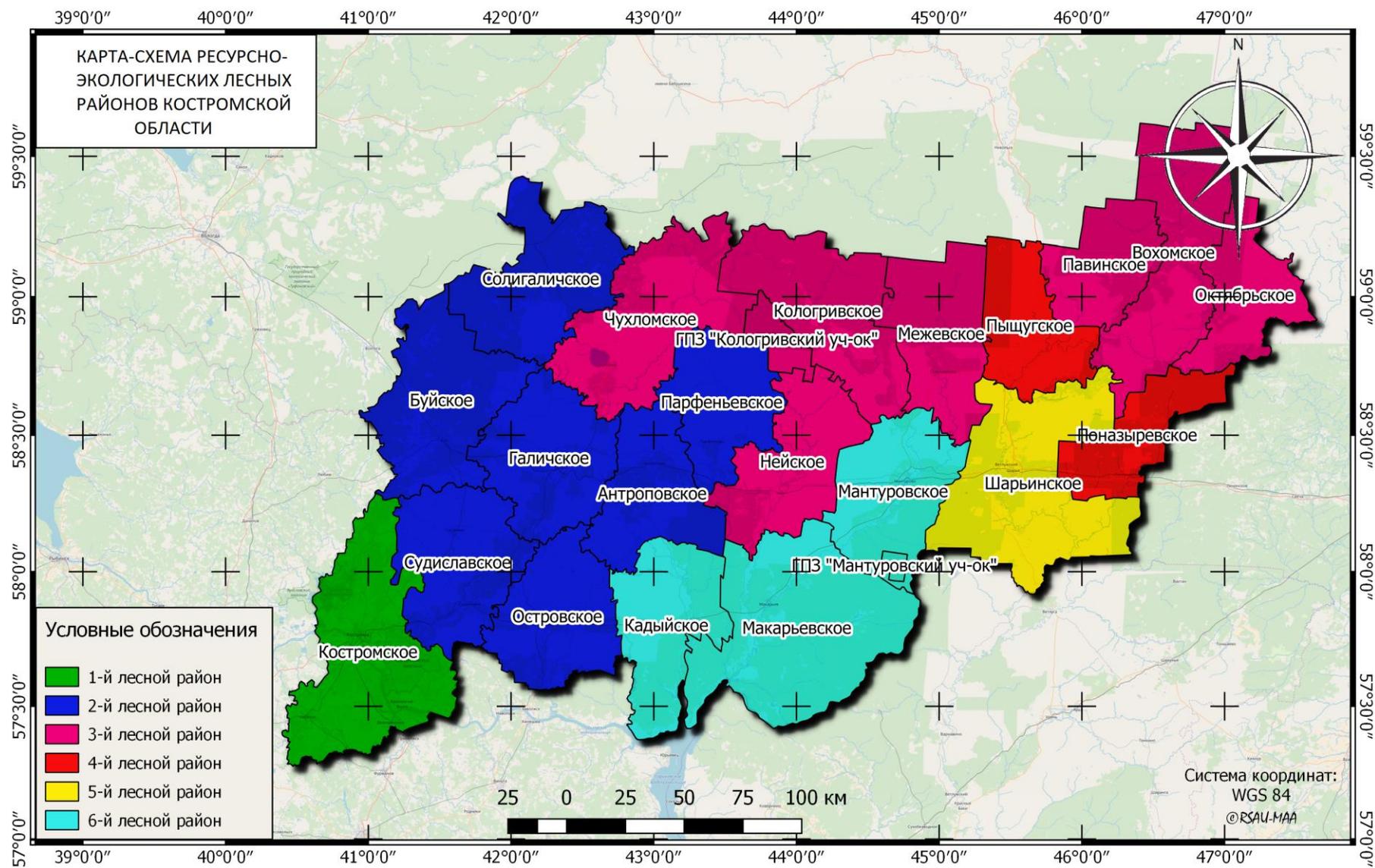
Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Береза	1,5	31,6	2,8	3,8	0,2	0	-0,7	0,0	0,0	0,0

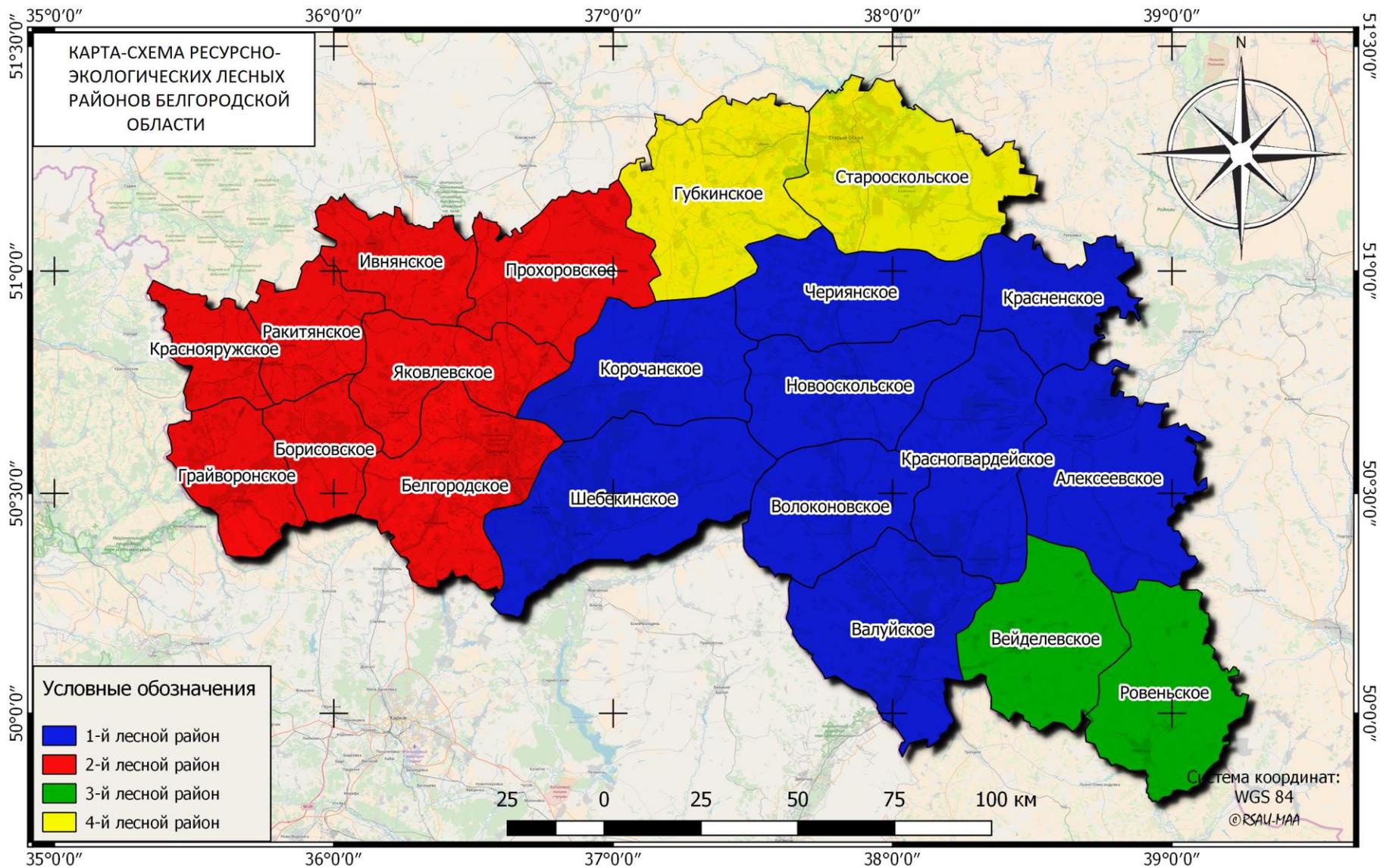
Таблица Е.15. - Допустимые и фактические ошибки определения средневзвешенных таксационных показателей по типическим выборкам в разрезе ТЛУ – С<sub>3</sub> (Шарьинский лесной район) 15-й класс возраста

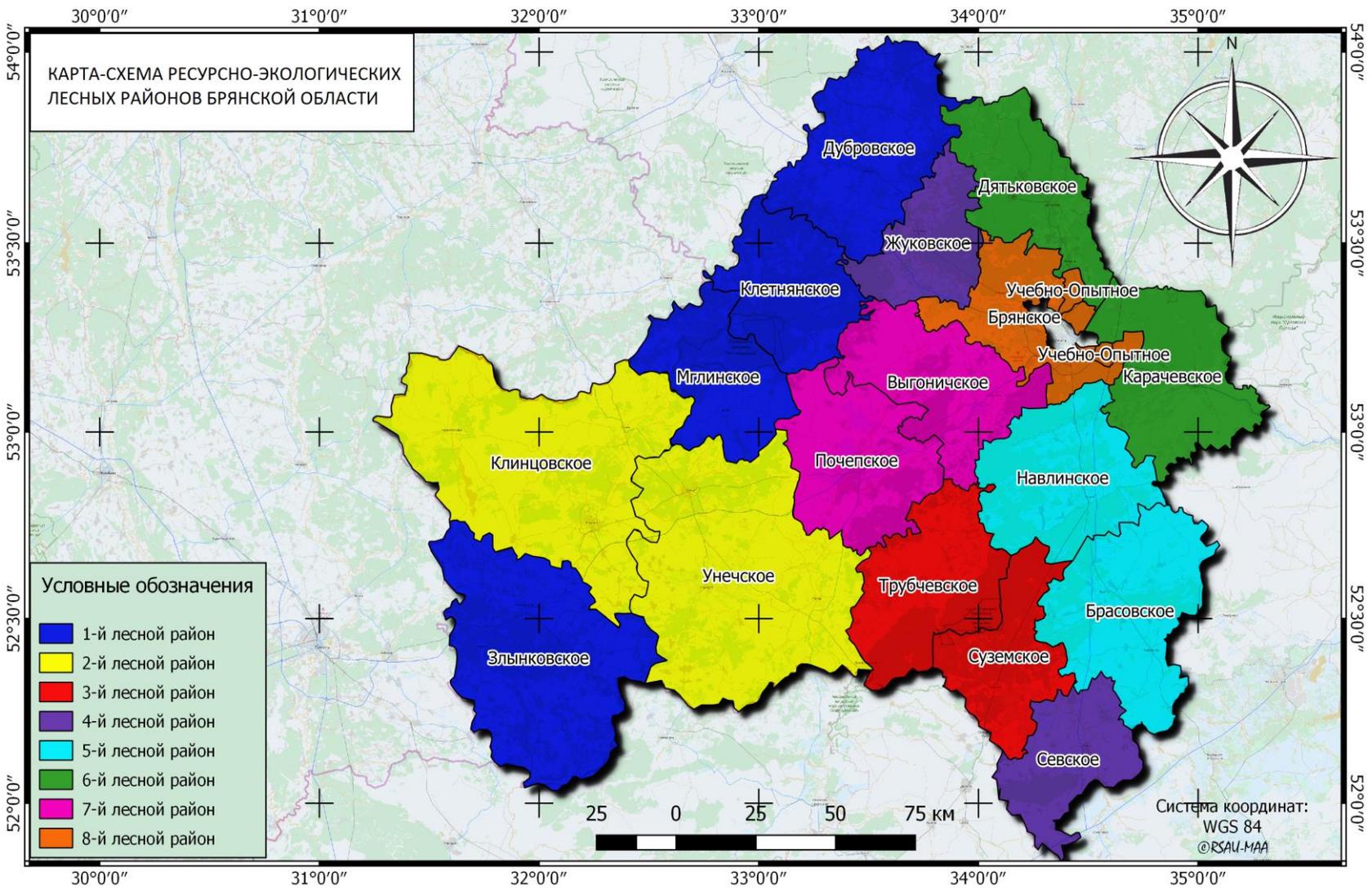
Преобладающая порода	Допустимые ошибки по лесоустроительной инструкции 2018 г.					Ошибки по нашей методике				
	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м. ( $\pm 20\%$ )	высота, м ( $\pm 10\%$ )	диаметр, см ( $\pm 12\%$ )	полнота, ед.	коэффициент состава преобладающей породы, ед.	запас на 1 га, куб.м.	высота, м	диаметр, см	полнота, ед.
Береза	1,5	43,3	2,8	3,8	0,2	0	-2,0	-0,1	-0,4	0,0

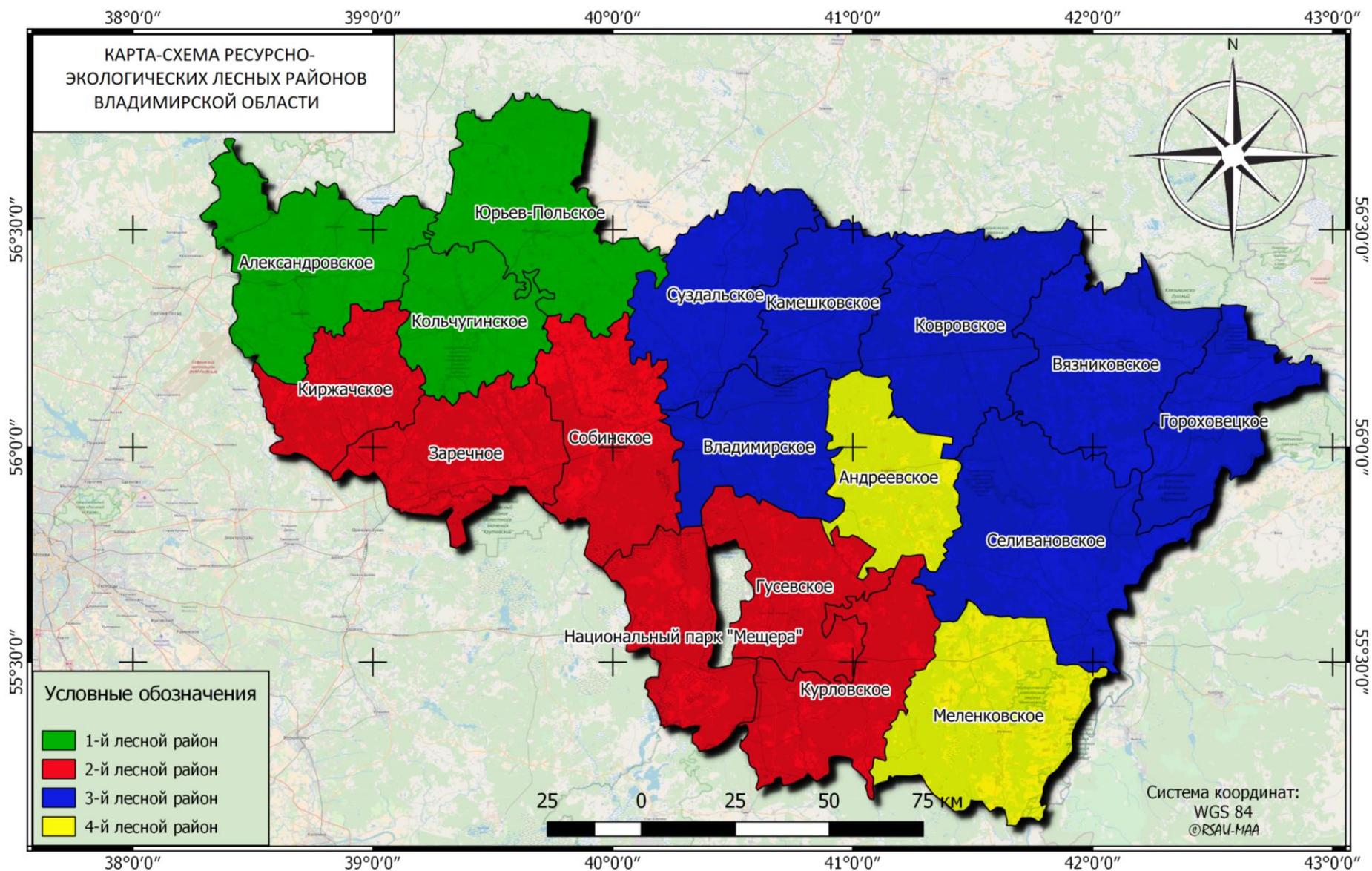
**Приложение Ж**  
**Карты схемы ресурсно-экологических лесных районов**  
**Центрального федерального округа (ЦФО)**

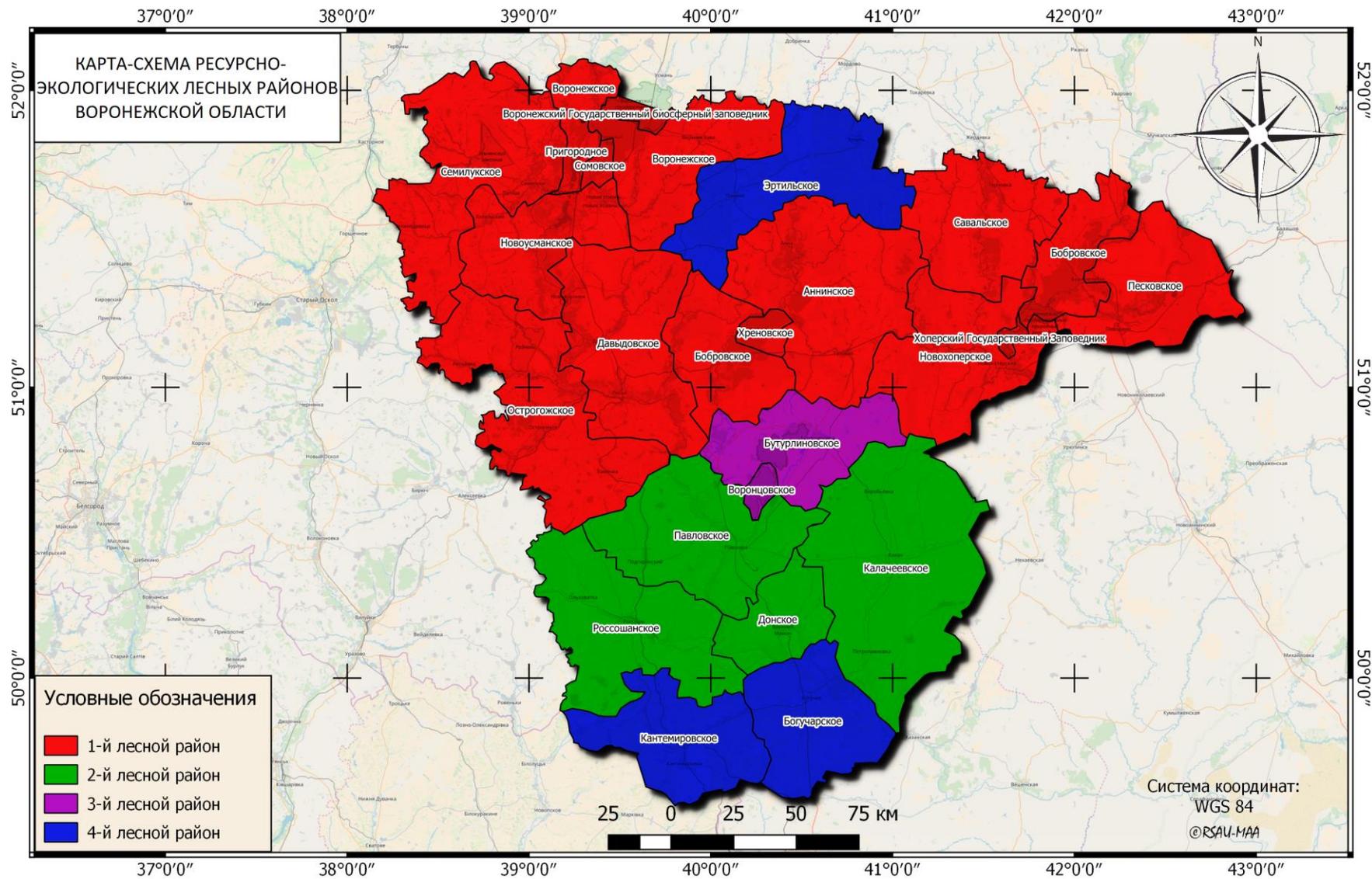


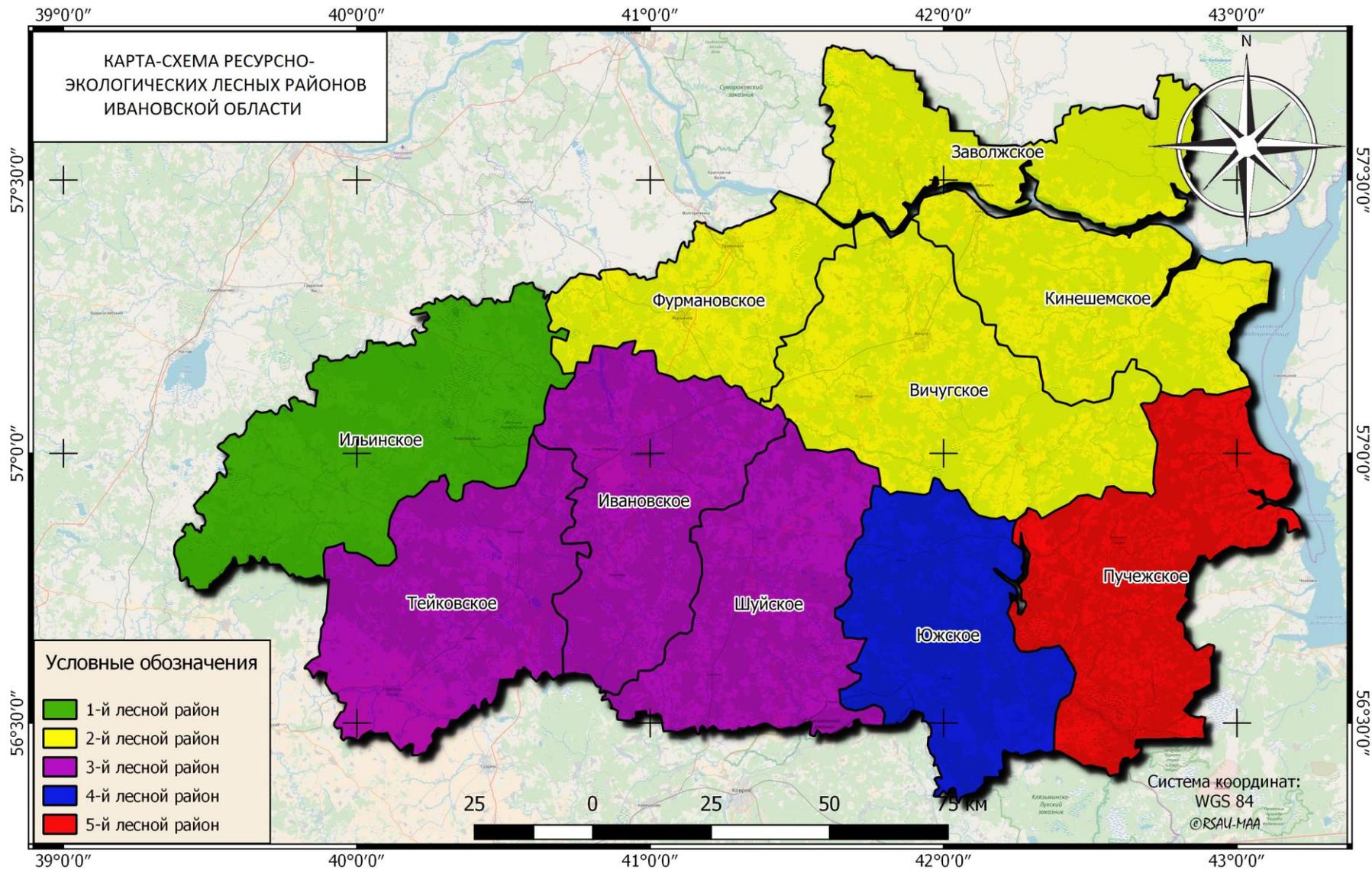


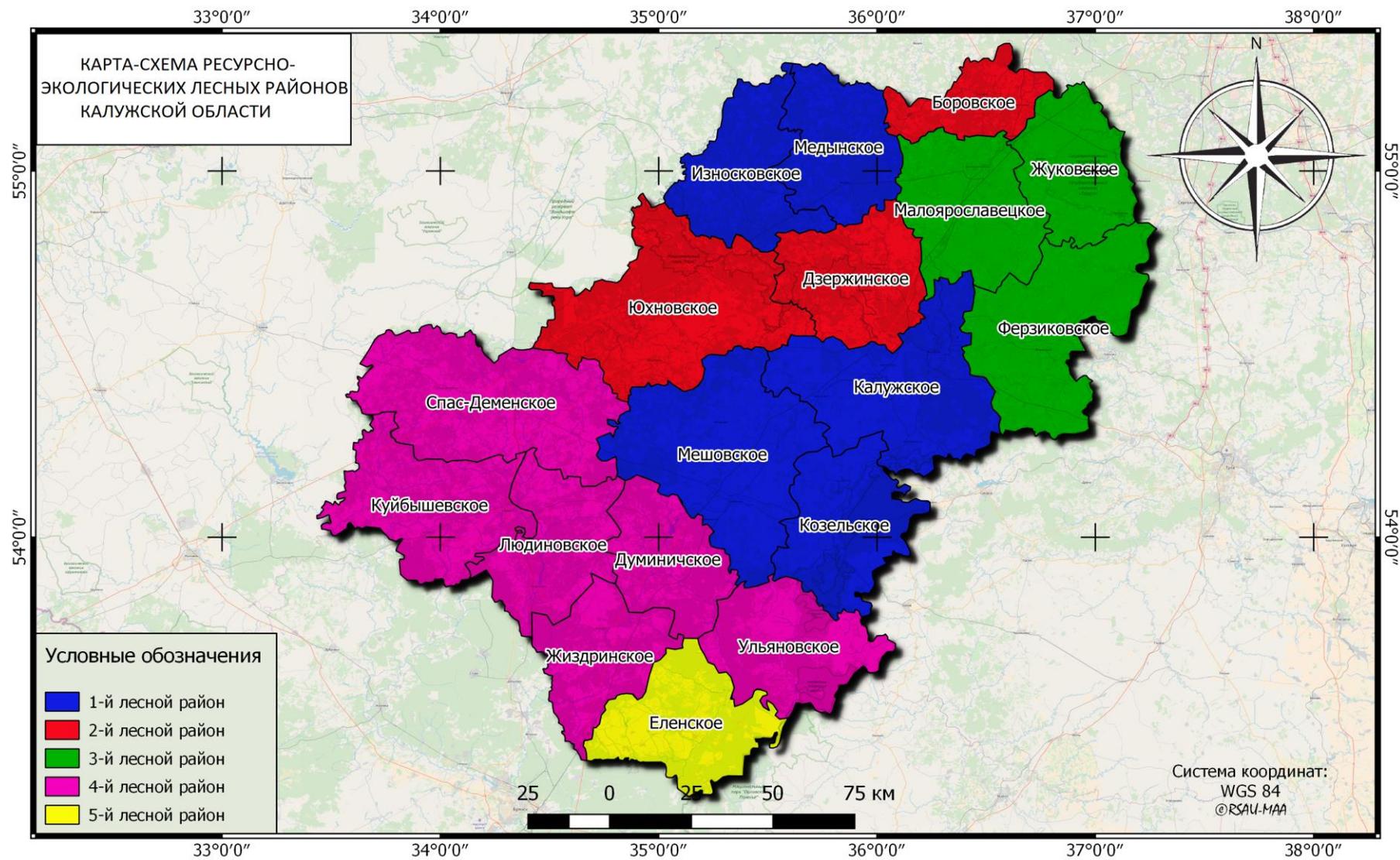


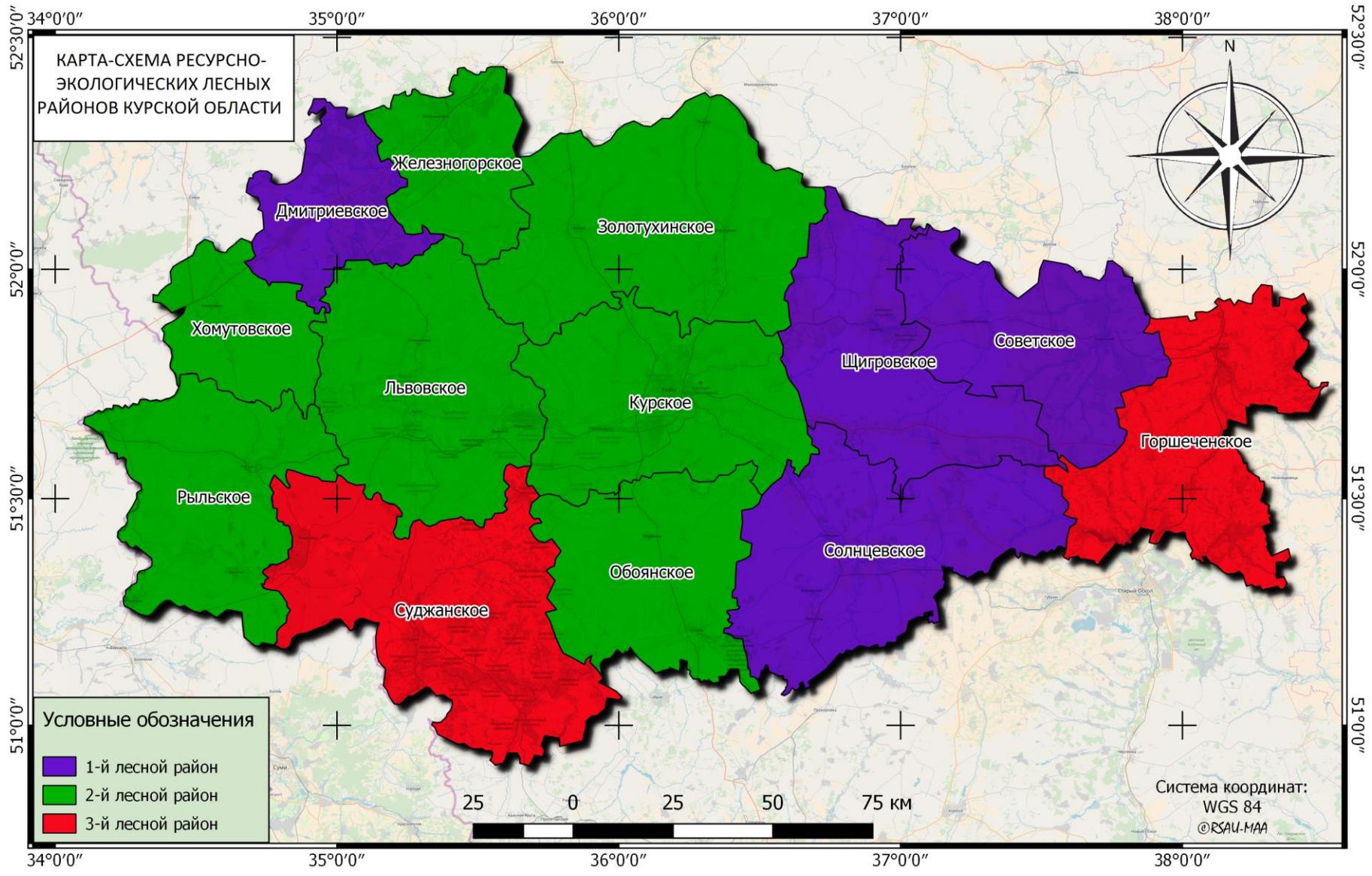


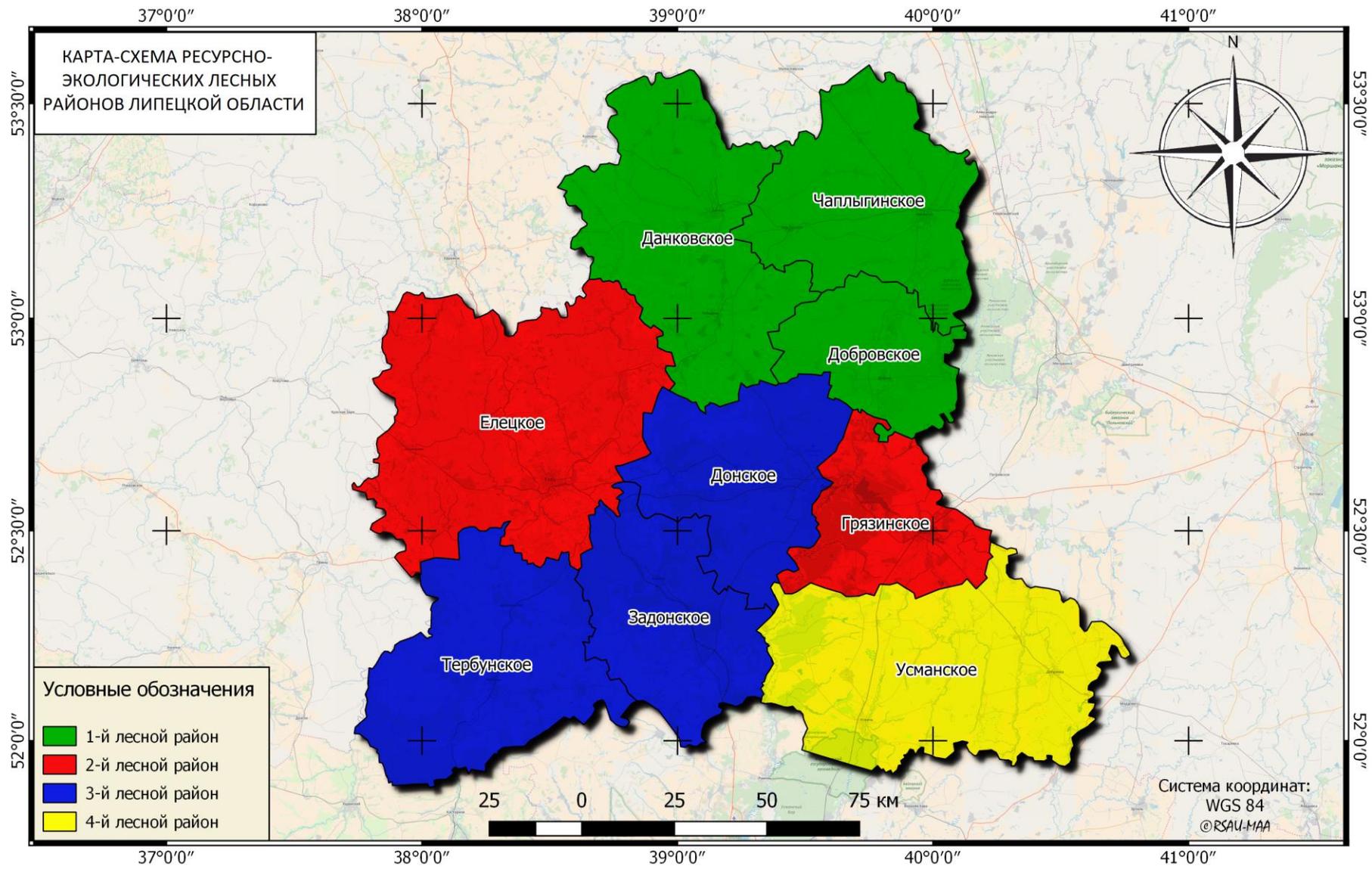


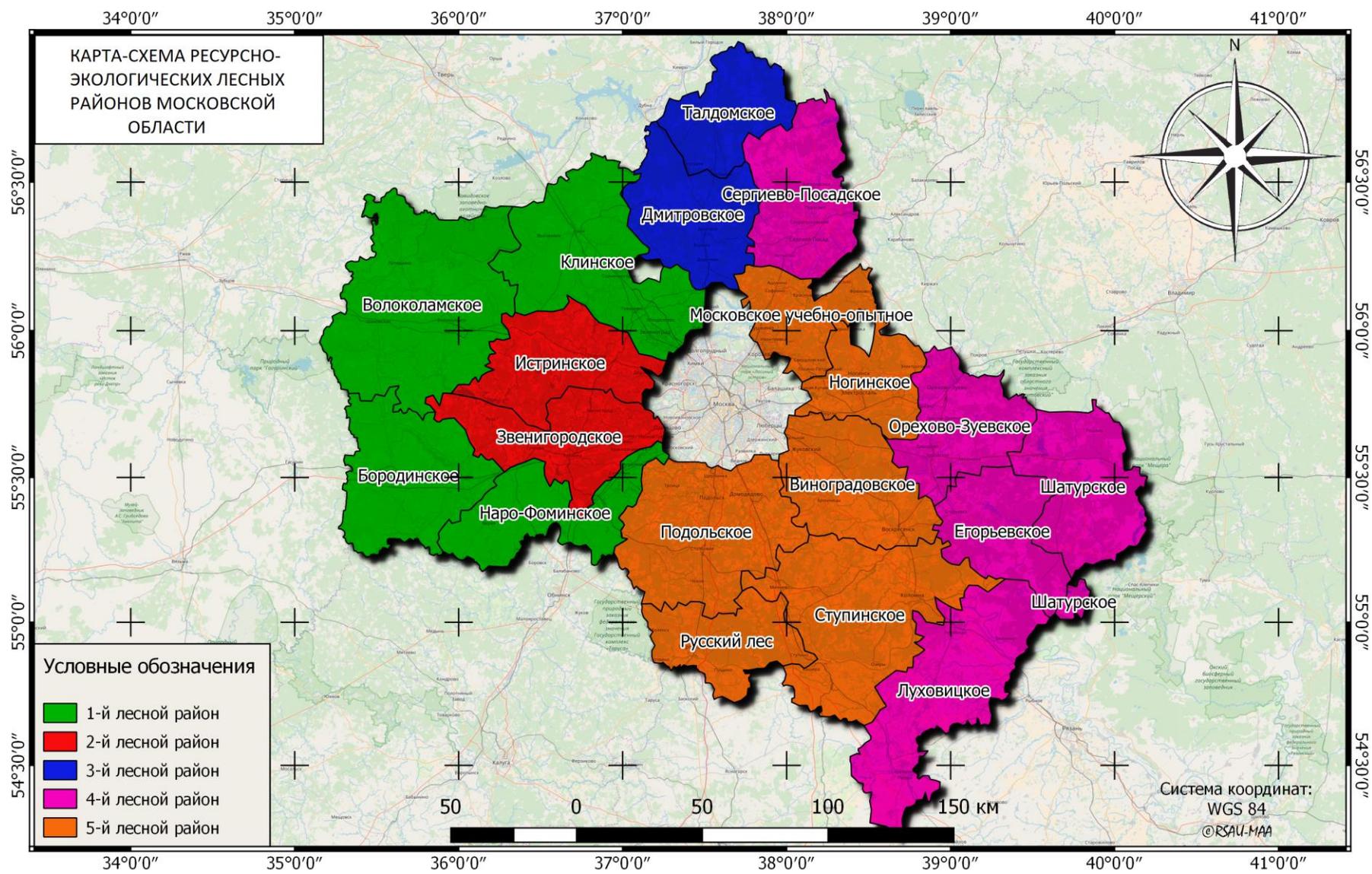


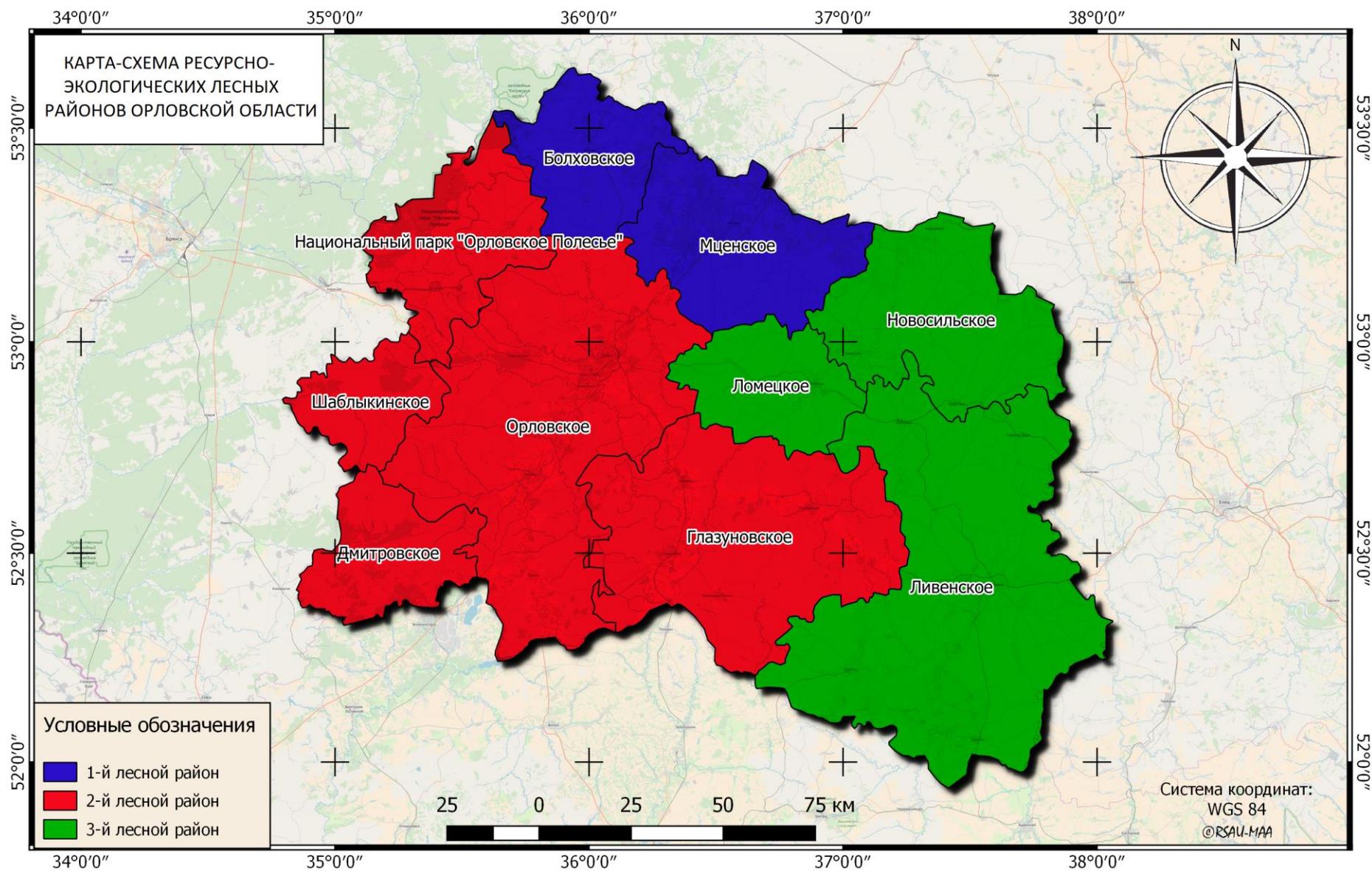


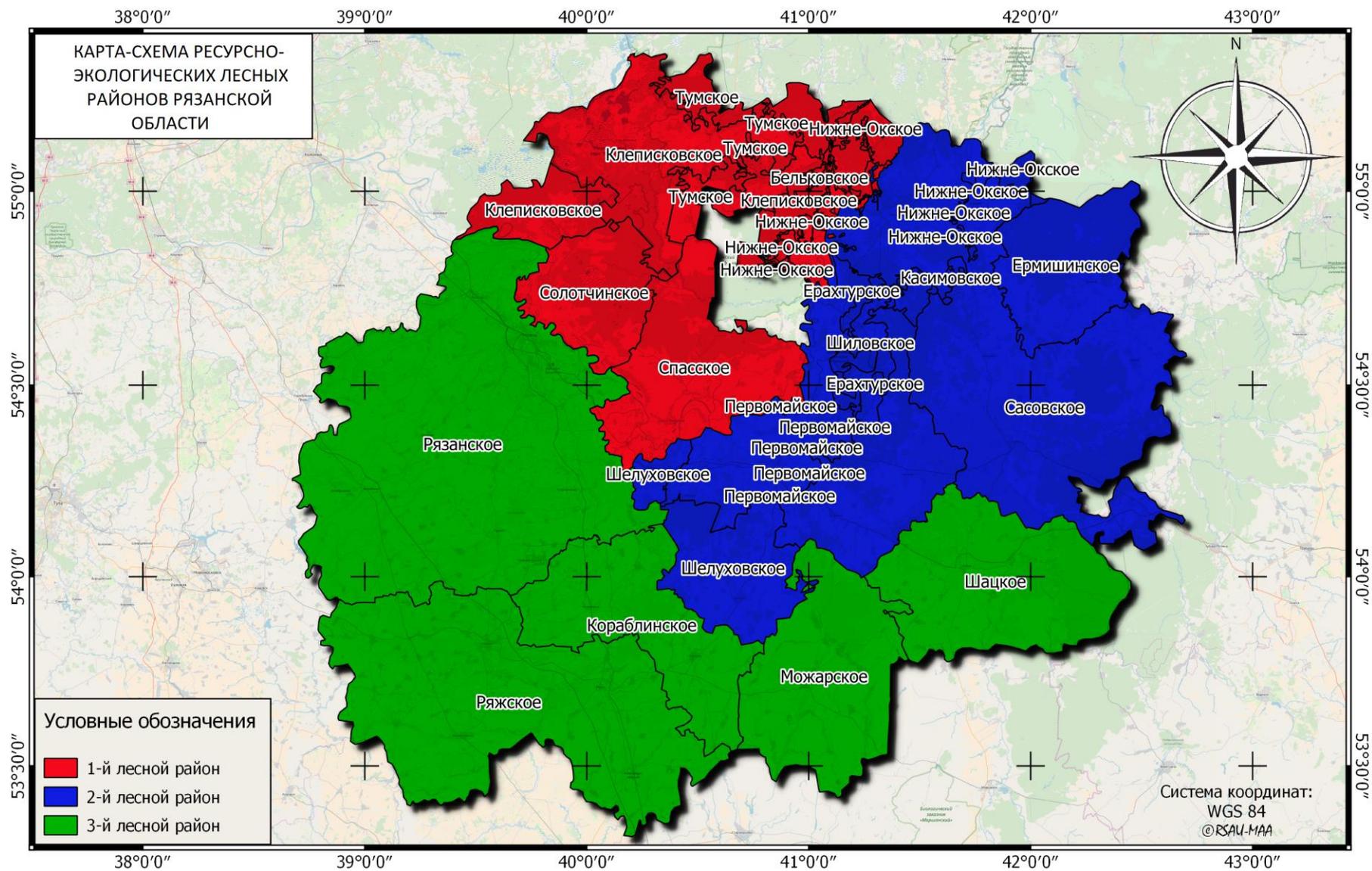


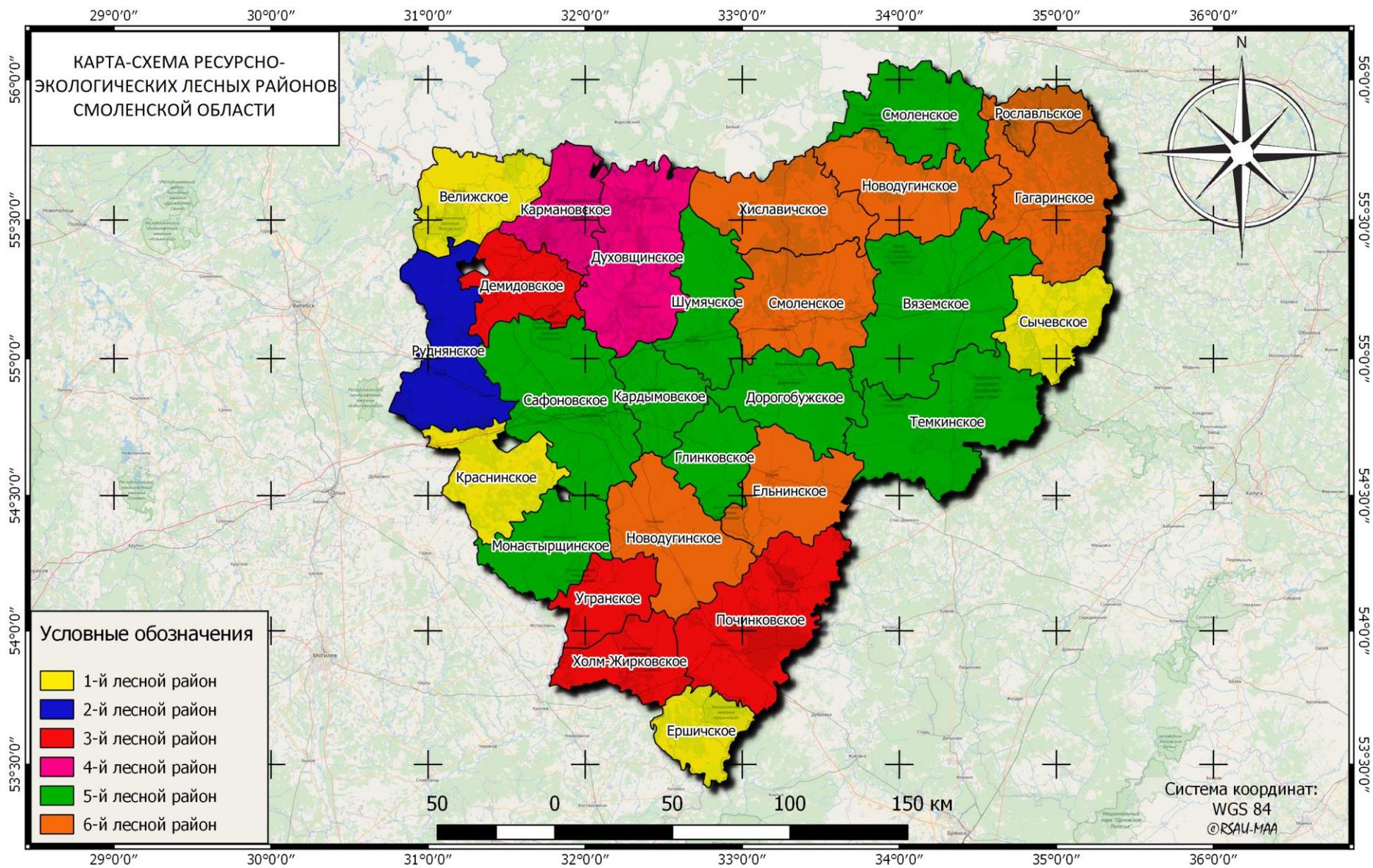


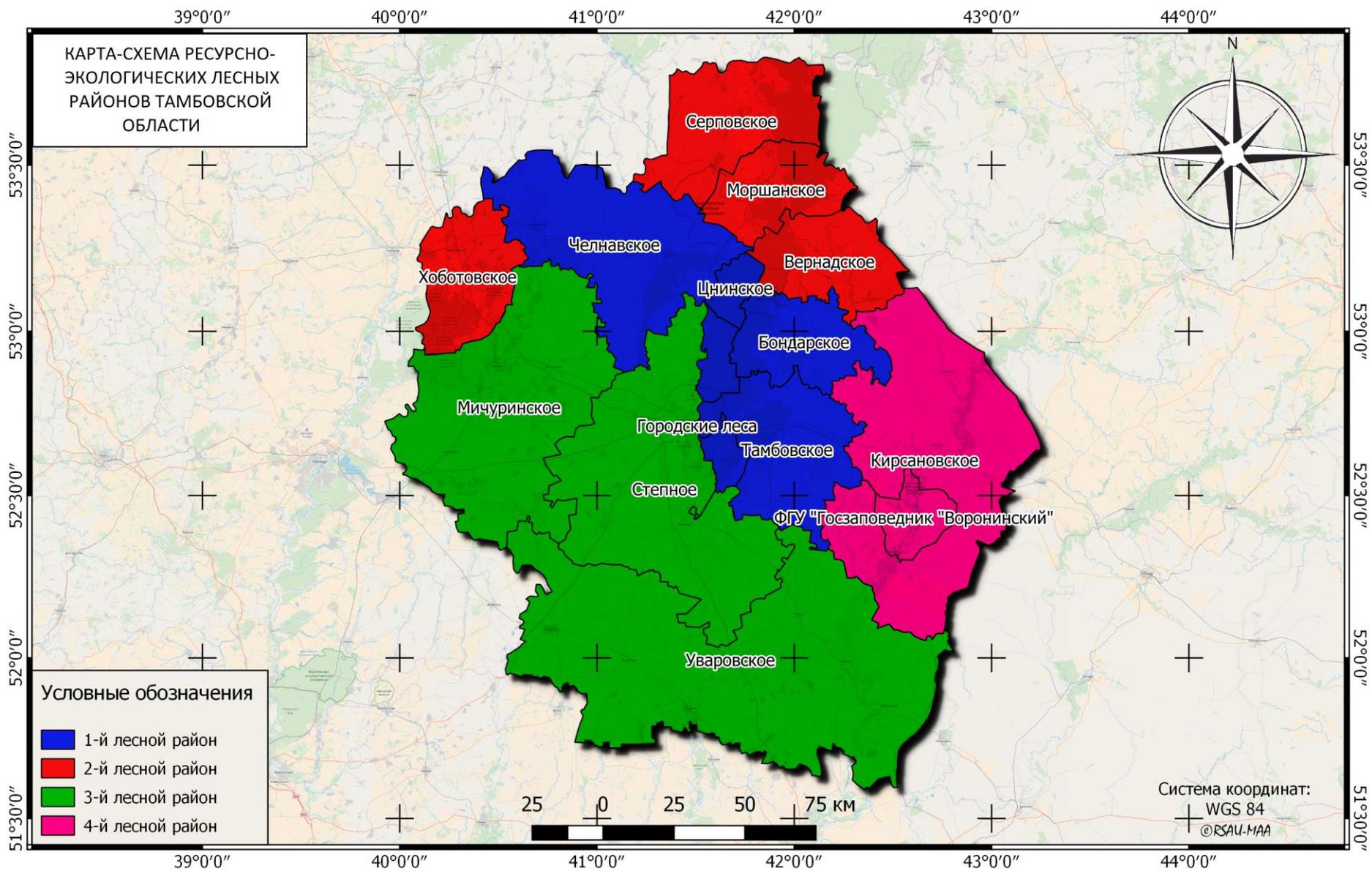


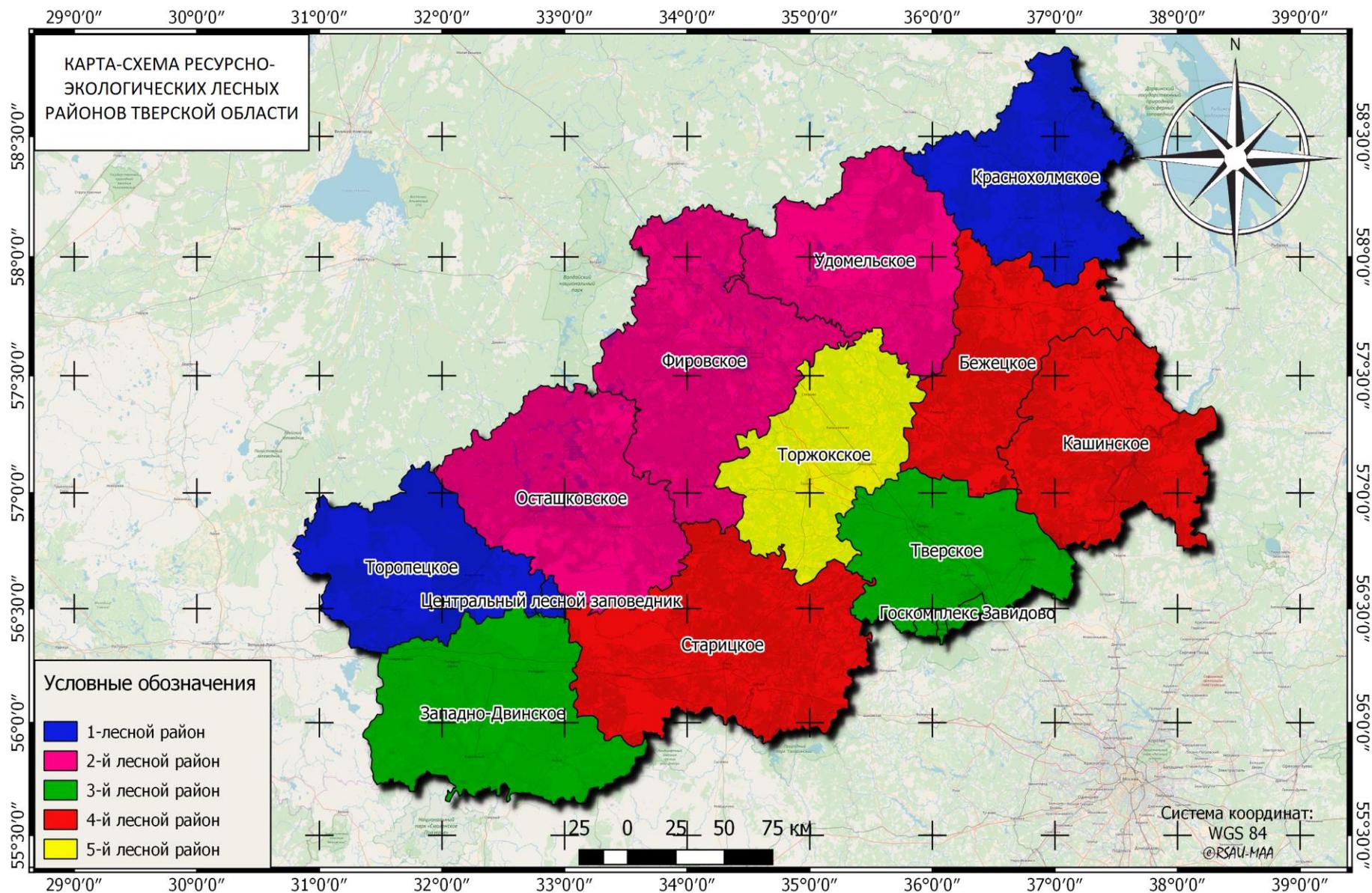


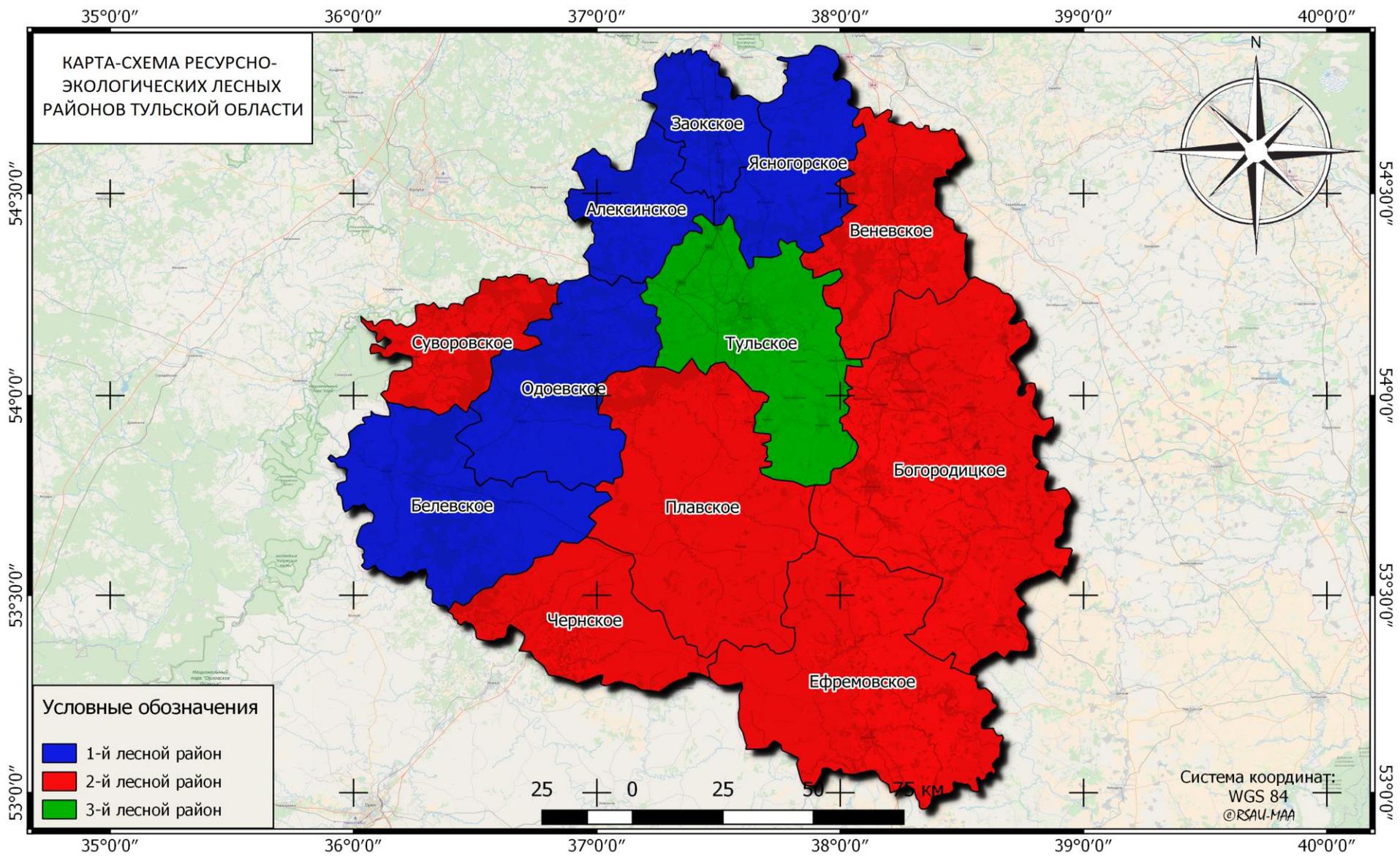


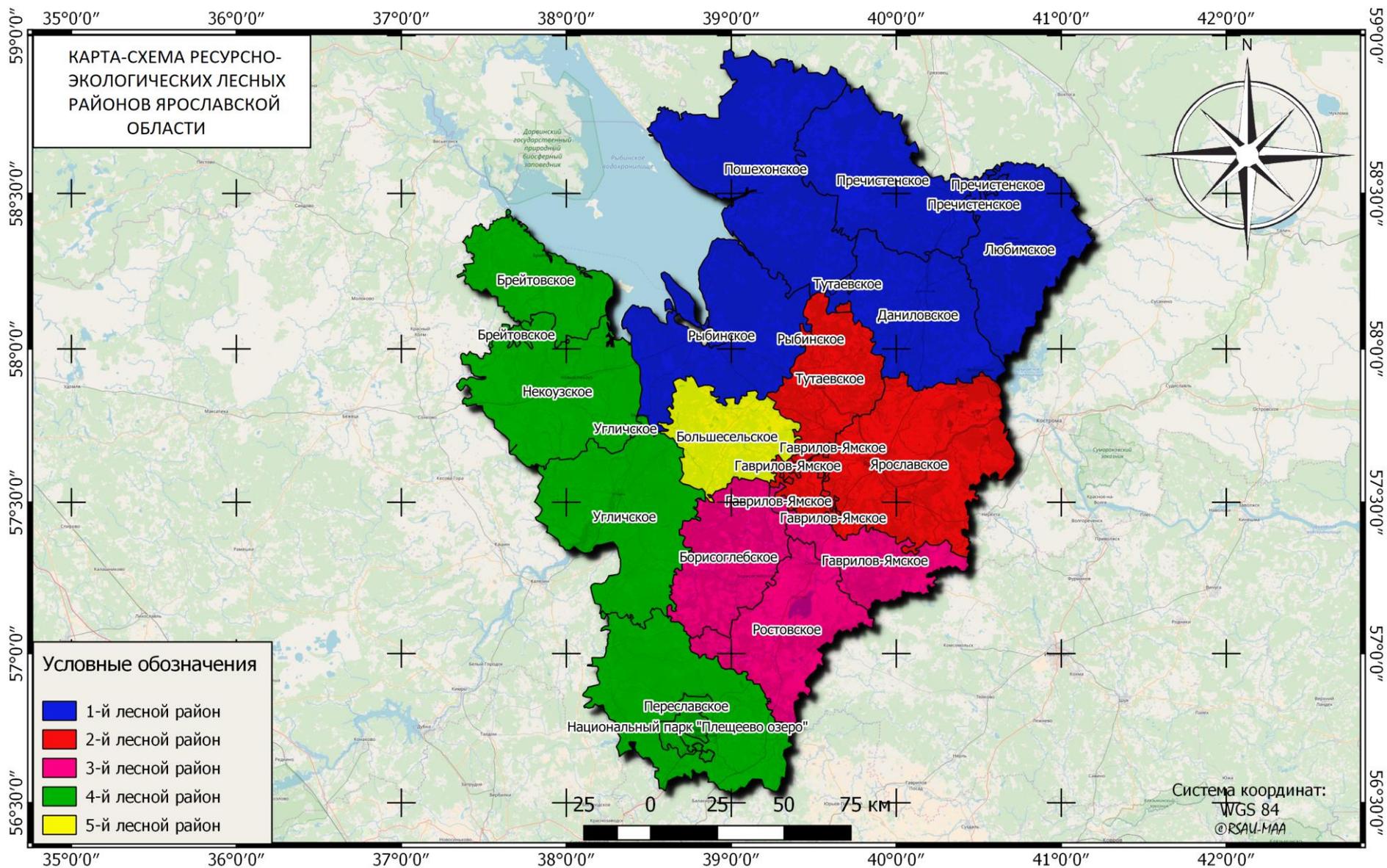












*Учебное пособие*

**Хлюстов Виталий Константинович  
Ганихин Александр Максимович  
Хлюстов Дмитрий Витальевич**

# **Ресурсно-экологическое районирование и государственная инвентаризация лесов**

*Учебное пособие*

Обложка художника  
Компьютерная верстка  
Корректор

---

Подписано в печать    Формат 60×84 1/16  
Бумага писчая    Гарнитура шрифта «Times New Roman»    Печать офсетная  
Печ. л.    Тираж    экз.    Изд. Заказ    Тип заказа

---

Отпечатано в типографии .....