

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра социально-экономической географии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ  
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ  
ЗАИМСТВОВАНИЯ

И.о. заведующей кафедрой

к.г.н., доцент

  
И.Д. Ахмедова

2018 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

ФЕНОЛОГО-КОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМЫ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО  
ОСВОЕНИЯ НАДЫМСКОГО РАЙОНА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО  
ОКРУГА»

05.04.06 Экология и природопользование

Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу  
Студент 2 курса  
очной формы обучения



Антонюк Арсений  
Юрьевич

Научный руководитель  
д-р.биол. наук, заведующий  
сектором ТюмНЦ СО РАН



Арефьев Станислав  
Павлович

Рецензент  
канд. биол. наук, ведущий  
научный сотрудник ТюмНЦ  
СО РАН



Казанцева Мария  
Николаевна

г. Тюмень, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	6
1.1 Определение, принципы биомониторинга.....	6
1.2 Ответные реакции растений на стресс-факторы.....	6
1.3 Фенология и феномониторинг.....	7
1.4 Принципы и методы фенологических наблюдений.....	9
1.5 Мониторинг по колориметрическому параметру.....	11
1.6 Современное состояние и перспективы фенологического мониторинга.....	12
Выводы.....	17
ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	18
2.1 Район исследования.....	18
2.2 Материал исследования.....	21
2.3 Оборудование для исследования.....	21
2.4 Методика исследования.....	25
Выводы.....	29
ГЛАВА 3 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	30
3.1 Особенности использования разных методов колориметрического анализа.....	30
3.2. Особенности колориметрической динамики различных видов древесных растений.....	40
3.3 Сравнение использования трёх методов определения цвета.....	43
Выводы.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	57

## АННОТАЦИЯ

В работе исследованы фенолого-колориметрические параметры листьев *Larix sibirica*, *Betula pubescens*, *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium uliginosum* произрастающих на участках с различной техногенной нагрузкой в Надымском районе. Предложено использовать данные параметры в качестве диагностического признака в практике экологического мониторинга нефтегазодобывающих районов Севера.

## ABSTRACT

In this work defined phenology and colorimetric parameters of *Larix sibirica*, *Betula pubescens*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium uliginosum* leaves on different sites with anthropogenic pressures in Nadym region. It is offered to use these parameters as a diagnostic sign in practice of environmental monitoring of oil and gas extraction regions of the North.

## ВВЕДЕНИЕ

Промышленное освоение регионов является сегодня одним из важнейших факторов изменения окружающей среды. Его экологические последствия привлекают внимание специалистов, политических кругов и общественности, рассматриваются в качестве одной из важных проблем современности, требующих скорейшего решения. Территории промышленного освоения являются природно-антропогенными геоэкосистемами, на которых отмечаются различные формы техногенного влияния – загрязнение промышленными, а также бытовыми отходами, в том числе токсикантами различных классов опасности, электромагнитным, шумовым, вибрационным, радиационным загрязнением. Из этого возникает проблема экологической безопасности региона.

Информация о состоянии окружающей среды особенно важна для устойчивого развития северных регионов Западной Сибири, ставших ареной массированного освоения нефтегазовых ресурсов. Своевременное обнаружение причин, источников и степени антропогенных нарушений окружающей среды представляет собой специфическую задачу, которой занимаются службы экологического мониторинга.

**Актуальность** работы обусловлена тем, что помимо практикуемых и хорошо зарекомендовавших себя методов экологического мониторинга существует потребность в новых перспективных методах, обеспечивающих его наибольшую эффективность. При оценке состояния биологических объектов хорошие результаты показали колориметрические исследования А.С. Бондарцева, С.Н. Гашева и П.П. Попова [4, 8, 25]. Перспективно сочетание традиционных колориметрических шкал с данными компьютерной обработки цифровых изображений на основе существующего программного обеспечения [8, 25]. Особого внимания заслуживает анализ данных по сезонному изменению окраски листьев растений, поскольку, как указано у С.Н. Гашева, это один из самых простых способов мониторинга состояния самих растений, среды, в которой они произрастают, и индикации характера воздействия антропогенных факторов [7].

**Объектами** исследования являются листья сосудистых растений видов – береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), черника обыкновенная (миртолистная) (*Vaccinium myrtillus* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb. ).

**Целью** данной работы является определение параметров влияния объектов освоения газопромысловых территорий Надымского района ЯНАО на колориметрические параметры листьев деревьев и кустарников в фенофазе осеннего изменения их окраски с апробацией

полученных результатов при колориметрической фитоиндикации влияния техногенных факторов на состояние природной среды Надымского района.

**Задачи работы:**

- охарактеризовать природно-климатические и фенологические условия в районе исследований (Надымский стационар ТюмГУ);
- описать основные техногенные нарушения природной среды в Надымском районе;
- определить колориметрические параметры листьев *Larix sibirica*, *Betula pubescens*, *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium uliginosum* произрастающих на участках с различной техногенной нагрузкой в Надымском районе;
- оценить экологическое состояние среды в районе стационара по изменению цветности листьев исследованных видов сосудистых растений.

**Положения, выносимые на защиту:**

- сроки и интенсивность осеннего изменения окраски листьев древесных растений в Надымском районе зависят от их видовой принадлежности, и степени влияния антропогенных факторов деградации природной среды;
- колориметрический анализ осеннего изменения окраски листьев древесных растений является одним из наиболее простых, универсальных и точных методов оценки состояния природной среды и ее антропогенных изменений, рекомендуемым для практики экологического мониторинга в Надымском районе;

**Предметом** исследования является окраска листьев древесных растений как колориметрический параметр для экологического мониторинга.

**Новизна** работы определяется тем, что впервые для Надымского района опробован колориметрический метод оценки состояния окружающей среды посредством оценки сезонного изменения окраски листьев древесных растений с использованием цветowych шкал и цифровых фотоснимков.

Структура работы: Аннотация, Введение, 3 главы, Заключение, Список использованных источников – 44 источника. В работе содержится 28 рисунков, 2 таблицы и 2 приложения.

Полевые исследования проводились в период первой полевой практики с 27 июля по 27 августа на территории Надымского района, находящегося в 30 км на ю-з-ю от г. Надым.

# ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

## 1.1 Определение, принципы биомониторинга

Биологический мониторинг (*bios* - жизнь, *monitor*- наблюдаю) – это мониторинг биологических компонентов экосистем с использованием их индикаторных свойств для мониторинга прочих компонентов.

Главной задачей биологического мониторинга является определение и анализ состояния биоты, анализ её отклика на антропогенное воздействие и сравнение с реакцией при нормальных условиях, без антропогенного воздействия.

Биомониторинг является частью экомониторинга, включающего также наблюдения за состоянием окружающей среды по различным абиотическим параметрам (физическим, химическим).

Исследование совокупности различных химических элементов в биологических системах частично относится к биологическому мониторингу; речь, главным образом, идёт про измерение показателей загрязнителей в других средах.

Мониторинг живых организмов является частью биологического мониторинга. Состояние особей определяется по различным показателям (плотность популяции, биомасса особей, выживаемость, численность, другим функциональным и структурным признакам популяций и особей) [13].

Отдельно выделяется как часть биомониторинга биологическая индикация (биоиндикация). Отмечается, что эти понятия синонимичны.

Биологическая индикация выполняет роль экспресс-метода при оценке состояния окружающей среды. По своей сути это группа методов, в которой используются высокочувствительные к загрязняющим веществам организмы (лишайники, дафнии, хлорелла и т.д.) Основными отличиями биологической индикации являются малая специфичность и высокая чувствительность ответного сигнала при регистрации воздействия. [3].

В системе экологического мониторинга существуют принципы организации системы, которые являются базовыми установками при планировании и реализации программы мониторинга.

- Принцип системности. Для получения более полной информации о воздействии на объекты и оперативной реакции, мониторинг должен быть системным, т.е. включать в себя комплекс действий – наблюдение, сбор и анализ информации, прогноз и оценка состояния, по совокупности параметров

- Принцип иерархичности. Процессы, явления и объекты мониторинга ранжируемы, т.е. одни соподчиняются другим. В соответствии с этим принципом строится система экологического мониторинга – подсистем низших рангов подчиняются и существуют для достижения задач систем высшего ранга.
- Принцип оптимальности. Является важнейшим принципом, поскольку мониторинг упирается в вопросы финансирования и достаточности методов, их чувствительности, а также простоты эксплуатации оборудования
- Принцип комплексности. В природе многие процессы носят системный характер и являются взаимозависимыми. Поэтому экологический мониторинг единственного объекта, как такового, не имеет смысла. Необходимо проводить единовременный мониторинг нескольких объектов и фоновой территории, чтобы была возможность сравнивать степень воздействия различных факторов на объекты
- Принцип динамичности. Не стоит забывать, что основная задача мониторинга – обнаружение негативных факторов в динамике, и, следовательно, мониторинг является системой, анализ которой возможен в динамике для прогнозирования и выделения тренда методом интерполяции [22].

## 1.2 Ответные реакции растений на стресс-факторы

В течение своей жизни на растение в городской среде могут оказываться различные воздействия антропогенного характера. В зависимости от факторов, стрессоров, которые показаны на Рисунок 1 и 2, и от вида растения может проявляться как различные реакции, так и различная чувствительность, что является индикаторным показателем для целей биомониторинга.

Чувствительность растений меняется:

- на различных возрастных стадиях;
- у органов различного возраста (хвоя сосны особенно сильно повреждается на первом году жизни, потом устьица закрываются);
- в различное время дня и года (к выбросам SO<sub>2</sub> листья более устойчивы ночью, чем днем; хвоя весной и летом более чувствительна, чем осенью и зимой);
- у различных особей генетически неоднородных популяций;

- при различной предрасположенности (ранее подвергшиеся действию стрессора особи более чувствительны).

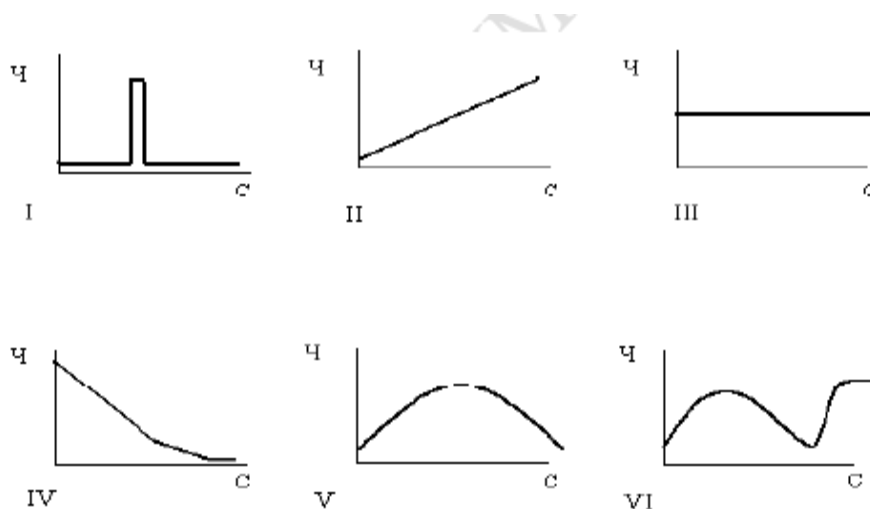


Рисунок 1 – Типы чувствительности растений от развития реакции во времени: Ч-чувствительность, С- стрессор (Г.Л. Осипенко, 2015).

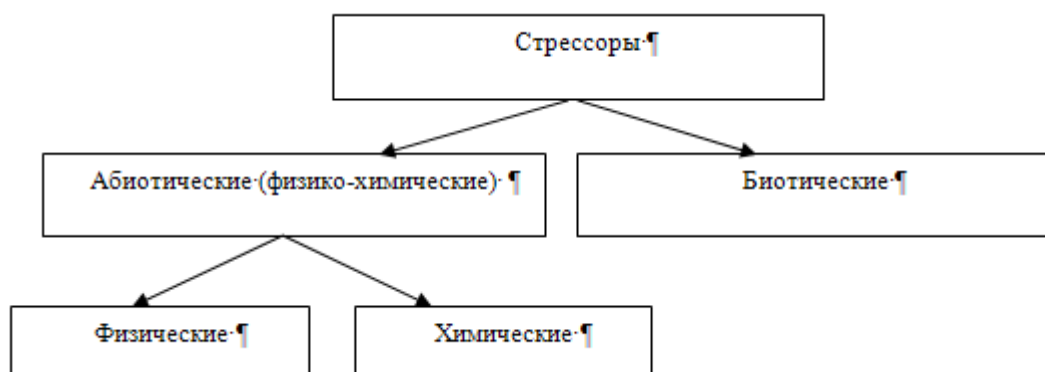


Рисунок 2 - Классификация факторов, способных вызвать стресс у растений (Г.Л. Осипенко, 2015).

Изменение состояния частей растения является одним из самых простых определяемых визуальным методом биоиндикационных параметров состояния окружающей среды. Исторически на подобные изменения, как и на сезонные изменения растений, человек стал обращать внимание давно, отмечая параметры листовой окраски, расположения морфологических единиц, размера и пропорций организма [23]. Все морфологические изменения делят на микро- и макроскопические. Вкратце приведем и опишем их ниже.

#### Макроскопические изменения

1. Изменение окраски (реакция на воздействие). Как пример, при хлорозе листья растений изменяют свой окрас, под воздействием хлоридов – на жёлтый, под с



воздействием оксидов серы - на красный, под воздействием других газов - на бурый (иногда с появлением серебристой окраски) и т.д. Некрозы – отмирание ограниченных участков ткани (бывают межжилковыми, верхушечными, пятнистыми (мозаичными), краевыми и точечными) (представлены на Рисунке 7).

2. Увядание (наблюдается под влиянием этилена);
3. Изменение количества, формы и размера органов растения при воздействии ионизирующего излучения.);
4. Изменение направления формы роста и ветвления (например, изреживание кроны деревьев при газодымовом загрязнении или изменение формы кроны);
5. Изменение размеров органов на части растений, неспецифическая реакция (увеличение размеров листьев при их повреждении соляной кислотой);
6. Дефолиация (влияние оксидов серы, хлоридов);

Микроскопические изменения

1. Изменение размеров клетки (реакция на газообразные загрязнения);
2. Изменения субклеточных структур (например, блокирование плазмодесм, расширение цистерн ЭПС, набухание тилакоидов, образование кристаллических включений, грануляция плазмы и разрушение хлоропластов и др.);
3. Плазмолиз – отслаивание плазмы от клеточной стенки как следствие действия кислоты и SO<sub>2</sub>;
4. Изменение степени ксероморфизма листьев – увеличение числа устьиц, толщины кутикулы, густоты опушения, толщины листа и степени суккулентности (отношения сырой вес/сухой вес);
5. Изменение структуры древесины [3].

### 1.3 Фенология и феномониторинг

Фенология (от др. греч. *phano* – явление, *logos* – учение) – совокупность или система знаний о сезонных явлениях в природной среде, сроках их наступления, причинах наступления фенологических фаз или сезонов, связанных с годичным ходом Солнца вокруг Земли. Давая определение фенологии, можно углядеть определённую аналогию с экологией. Так, на схеме одного из основоположников отечественной экологии Н.Ф. Реймерса, показывающей структуру современной экологии, можно насчитать более 80 прикладных направлений экологии. Если составить аналогичную схему для фенологии, то фенологий

будет не меньше. Каждая прикладная дисциплина экологии или фенологии имеет свой объект изучения. Также заслуживает внимание оригинальный взгляд на фенологию её структуру, известного уральского фенолога В.А. Батманова (схема представлена на Рисунке 3). Все исследования, связанные с изучением сезонного развития самых различных объектах, он делит на теоретическую фенологию и прикладную. Под первой В.А. Батманов понимает учение о фенологических методах, или систему знаний о феноуказателях – «приборах особого рода», главной задачей которых является измерение сезонных процессов [29]. В зависимости от целей исследования прикладная фенология делится по разделам знаний (ландшафтная фенология, зоофенология, фитофенология, гидрофенология, медицинская фенология и т.д.) и отраслям народного хозяйства (сельскохозяйственная и лесная фенология, фенология промысловых и охотничьих животных и пр.). Последним определяется практическое значение фенологических наблюдений [11].

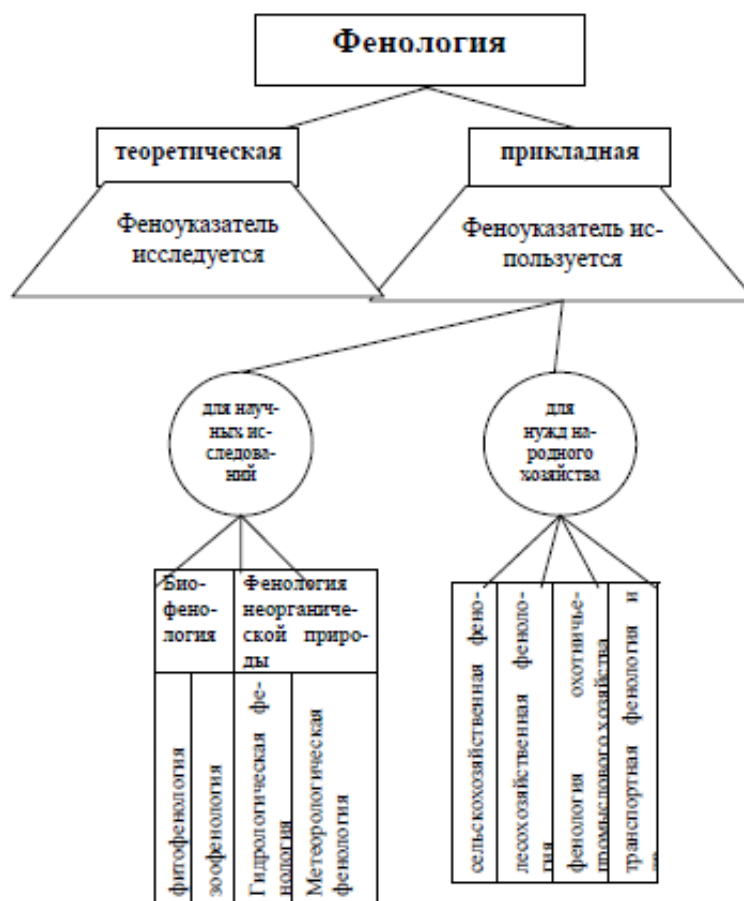


Рисунок 3 – Структура деления фенологии по В.А. Батманову (Г.А. Зуева, 2008).

С древних времен человека интересовала сезонная цикличность роста и характер развития растений, поскольку это был единственный способ определить косвенные факторы, влияющие на растения и сбор урожая. Теофраст оставил первые записи фенологических наблюдений, дошедшие до нас [29].

В 1951 году в СССР была создана фенологическая группа географического общества, которая составляла фенологические ежегодники, обзоры по всей стране, календари природы, которые создавались через центральные и местные отделения географического общества. Особую роль в развитии фенологической науки в СССР сыграл Г.Э. Шульц, который стал руководителем фенологического сектора при географическом обществе СССР. При нём были проведены работы по созданию комплексных фенологических характеристик территории России и соседних стран. Индикационная фенология развивалась большими темпами. Появились календари различных районов СССР, географические атласы с картами наступления фенофаз в регионах государства.

Как итог многолетней работы, в 1981 г. выходит книга Г.Э. Шульца «Общая фенология». В ней собраны все теоретические, практические и методические наработки [14].

#### 1.4 Принципы и методы фенологических наблюдений

Всего существуют несколько принципов фенологического мониторинга, которые сложились в течении долгой практики наблюдений и обработки данных:

- 1) непрерывность наблюдений
- 2) стандартизация методов
- 3) типичность растительности и ее расположение для данных мест
- 4) длинный ряд исследований для формирования выводов

Основные методы фенологических исследований:

Визуальные наблюдения - распространенные и обычные, особенно над теми объектами, которые служат индикаторами границ естественных сезонов и субсезонов для сопоставимости. Классическим методом фенологических наблюдений являются визуальные наблюдения, проводимые на выделенных участках. К каждому сезонному явлению, включенному в программы наблюдений, прилагается его диагностика, т.е. словесное, а если нужно, то и географическое описание, чтобы избежать различий в толковании.

Фенологические наблюдения над индикационными биологическими объектами проводятся либо над отдельными модельными экземплярами, либо над местными видами популяции (второе лучшее, т.к. не наблюдается личных особенностей индивидуума). При определенном разбросе сроков фенофаз наблюдается незначительный разброс показателей фаз зацветания и облиствления, сроки созревание плодов и осеннее отмирание листвы имеют больший разброс. Фенологические наблюдения сопоставимы, если наблюдать за популяцией.

Наряду с визуальными методами фенологических наблюдений более точные количественные методы (например: учет динамики абиотических компонентов геосистем) или биотическое нарастание массы травостоя путем периодического взвешивания высушенных проб. Ботаники учитывают динамику опадения листвы с помощью корзин – ловушек. На орнитологических станциях круглосуточно регистрируют весенние и осенние перелеты птиц. Такого рода точные количественные учеты динамики различных сезонных явлений обеспечиваются работой специальных служб.

Интегральные методы - ведутся над более или менее многочисленными группами изучаемых объектов. Регистрируется процент объектов, вступивших в ту или иную фенофазу.

С развитием быстроходного наземного транспорта стали предприниматься фенологические исследования с использованием технических средств. В них частично еще сохраняются столь характерные для классической фенологии визуальные методы. Но человеческий глаз начинает заметно вытесняться физическими приборами, специальными фотоаппаратами и фотоэлектрическими приемниками. Аэровизуальные фенологические наблюдения с самолетов и вертолетов с успехом проводятся над лесами, болотами, тундрами, пустынями и культурными ландшафтами. Всегда удается улавливать сезонные структурные и цветовые различия. Первый этап в наблюдениях – разработка постоянного маршрута полета. Маршрут наносится на крупномасштабную карту местности. Полеты проводятся каждые 8-10 дней. Высота полета 60-100 метров. При аэроблюдениях прекрасно выделяются все фенологические аспекты.

Наиболее перспективны для научных анализов и обобщений спектрофотометрические аэрометоды. Специальные приборы учитывают составляющие светового потока, исходящего от поверхности геокомплекса. При этом рассчитывается спектральный коэффициент яркости отдельных участков светового потока. Достоинства метода: этот метод объективен, не зависит от субъективных восприятий глаз отдельных наблюдений и позволяет получить точные количественные характеристики светового потока. Диапазоны радиационной чувствительности метода шире обычного светового [31].

### 1.5 Мониторинг по колориметрическому параметру

Для того, чтобы использовать цветовой параметр в нашей работе, необходимо определить, что такое цвет, чем он характеризуется, как измеряется или определяется и как применим к биологическим объектам.

Существует наука со времен И. Ньютона, занимающаяся проблемами определения цвета - колориметрия. Теория цвета исследовано практически полностью, и колориметрия тесно интегрируется с другими науками, методы которой используются в исследованиях, например, в химии широко применяются ряд методов колориметрии, они являются важными для определения концентраций и вещества, как такового, в растворе [2].

Цвет характеризуется такими параметрами, как непосредственно цвет, как проходящая волна определенной длины, и свет, также характеристиками цвета является глубина и насыщенность, что критически важно в полиграфическом деле, цифровой фотографии, видеосъемке и т.д. Более подробная информация и теория цвета указана в специальных пособиях и справочниках.

В живой природе изменение параметра цвета можно измерять и проводить на этой основе мониторинг. У животных, цвет меха может говорить о его здоровье и состоянии.

У растений цветовая характеристика определяется, в целом, такими веществами, как каротиноиды (альфа- и бета-каротин преимущественно), антонициды, а также хлорофилл. Каротиноиды имеют цветовое разнообразие от желтого до оранжевого, хлорофилл-зеленого, при подавлении действия хлорофилла и снижении его концентрации, повышается концентрация каротиноидов, и лист окрашивается преимущественно в типично осенние краски [10].

## 1.6 Современное состояние и перспективы фенологического мониторинга

Фенологические наблюдения важны в гидрометеорологии, сельском хозяйстве, других сферах, частности существуют методы определения сроков высаживания растений и применения агротехнологий их выращивания с максимальной урожайностью [20].

Фенологические наблюдения могут быть полезны зеленом строительстве, для создания красочных аспектов в садово-парковых, рекреационных функциональных зонах города. От цикличного характера развития природы зависит также и рыболовный промысел, охотничье хозяйство, поскольку в первом случае миграции рыбы и замерзание водоемов имеют ключевое значение для успешной ловли, а во втором для проверки, верны ли установленные сроки начала охотничьего сезона, чтобы не сместить их на более ранний или более поздний срок, когда велик риск убить или повредить гнездящуюся птицу или неокрепший молодняк крупных животных.

В последнее время фенологические наблюдения стали необходимы для изучения динамики климатических циклов и подтверждения теории о глобальном потеплении. Это выливается в междисциплинарное сотрудничество экологов и фенологов.

В современной России существует важная проблема сохранности оставшихся ячеек от национальной фенологической сети наблюдений, которой на данный момент уже не существует. Также выделяются проблемы, такие, как отсутствие четко обозначенных целей развития методов наблюдений в России и целей по расширению роли данных наблюдений, некоторые время назад, были проблемы с руководством и координацией [6].

Сеть строится на добровольных началах, и часть любителей и профессиональных фенологов покинула ее, данные РГО не всегда являются открытыми, также, наблюдается отсутствие продолжительное время больших фундаментальных и методологических трудов по фенологии, особенно прикладных ее направлений. Отечественные учёные, как и их работы, лишь частично признаны зарубежными фенологами [21].

Но с перспективой развития методов фенологического мониторинга есть реальная перспектива привлечения внимания ученых к фенологическим методам и дальнейшее продвижение фенологии и ее методов по прикладному пути междисциплинарного взаимодействия.

Кратко опишем ситуацию с фенологическими сетями в зарубежных странах.

В США существуют национальная фенологическая сеть (NPN), которая подчинена формально метеорологической службе, работает как на добровольных началах, так и берет на оплачиваемую работу интересующихся. В настоящее время, основными направлениями исследования является автоматизация и информатизация процессов сбора и обработки полученных данных феномониторинга, а также – интеграция всех существующих в мире фенологических сетей [21].

В ФРГ, Австрии и Швейцарии существует объединенная немецкая фенологическая сеть (DWD), формально являющаяся подразделением метеорологической службы, является одной из старейших сетей в мире и обладает крупной и плотной сетью наблюдателей и ботанических садов на территории всех трёх вышеперечисленных стран. Помимо этого, в Японии, Турции также существуют фенологические сети, при этом, как известно, в Японии она появилась в конце 19 века, турецкая же фенологическая сеть является довольно молодой.

Современные фенологические наблюдения в Китае начались в 20 х годах 20 века. В то же время появляется фенологическая сеть. В 1931 году он обобщил всю совокупность доступных знаний и записей наблюдений за сезонными изменениями природы за последние 3000 лет на территории Китайского государства. Сейчас основным трендом исследований в Китае является синхронизация и интеграция между данными визуальных наблюдений и материалом дистанционного зондирования (ДЗЗ) [35].

В целом, классические методы общей фенологии, их разработка дошли до своего логического завершения, зарубежные и отечественные авторы сходятся во мнении, еще с

середины 20 века, по нынешний день, что по методам общей фенологии пространство исследований остается в пределах накопления длинных рядов многолетних наблюдений, их обработки и интерпретации. Существует ряд методов в биологии и лесоведении, которые можно адаптировать и усовершенствовать в фенологических наблюдениях [31].

Помимо прочего, новым вопросом перед прикладной фенологией стоит автоматизация процессов сбора фенологических данных для мониторинговой системы, системы СУБД, хранения данных, как продолжение этого технического вопроса стоит проблема объединения сетей фенологических наблюдений разных стран, унификация по исследуемым видам, либо по методологии и заполнению анкет, статистической обработке материала методами, объединение всего массива в открытую систему в сети Интернет с открытым доступом и картографическим модулем, рисующем различные карты в автономном режиме. Такая сеть может стать дополнением к сети добровольцев, постепенно заменяя их, решая проблему сбора информации по проблеме глобального потепления и мониторинг динамики в реальном времени, ускорение сбора информации с 1 дня до 1 часа, и даже к непрерывному сбору данных (представлено на Рисунки 5-7). Что касается нестандартных методов фенологии, которые могут сыграть роль в формировании смежных дисциплин и испытываются, в частности, ПО по обработке изображений и камеры Phenosam, фильтры NDVI и спутниковые снимки (методы ДЗЗ), интеграция их, корреляции и методы устранения расхождений данных в них. Как видно, фенология в данном случае имеет пересечение с техническими и информационными проблемами, специалисты данных областей тоже могут решать для развития методов фенологических наблюдений нестандартные задачи.

Дальнейший вариант развития фенологического мониторинга будет проходить в тесной междисциплинарной интеграции с экологическим мониторингом [33]. Также возможно продолжение развития прикладной фенологии по междисциплинарному пути с созданием новых комплексов многофакторного автоматизированного мониторинга, не требующих участия человека, как один из множества вероятных вариантов, широко применяемый в мониторинге экспресс химический метод по ряду химических и биохимических показателей, колориметрическому параметру.

Применение также можно учесть и в прокладке и планировании туристических и рекреационных маршрутах, в сфере экологического туризма, бёрдвотчинга, поскольку цветение весной и изменение окраса листьев осенью могут явиться фактором рекреации и помочь турфирмам синхронизировать свою деятельность в целях увеличения прибыли.

Касательно темы нашей работы, фенологические показатели, даты наступления фенофаз и смежные с ними показатели также актуальны для территорий нефтегазодобычи,

поскольку данные методы могут оказаться востребованными при процедурах промышленного экологического мониторинга. Развитие темы до определения с помощью фенокамер удалённо и автоматизировано цвета листьев, фенофазы растений может стать логическим продолжением прорабатываемой темы, ускоряя процесс мониторинга и делая его непрерывным.

В заключение темы перспектив стоит упомянуть, что такие крупные современные исследователи фенологии растений, как Марк Шварц, указывают на 3 важных задачи развития фенологии в нынешнее время:

- 1) увеличение набора методов, используемых в фенологических исследованиях;
- 2) расширение сферы научных проблем, рассматриваемых фенологией;
- 3) расширение списка исследуемых параметров и географической распространённости сети мониторинга с помощью методов, требующих исследований как «на месте», так и удалённо, частый сбор данных фенологических явлений, а также интеграцию существующих (и создание новых) национальных фенологических сетей в глобальную систему мониторинга [37].



Рисунок 4 – Установленная камера PhenoCam (Iowa phenocams. Источник: <https://www.iowaview.org/iowaview-phenocams/>).



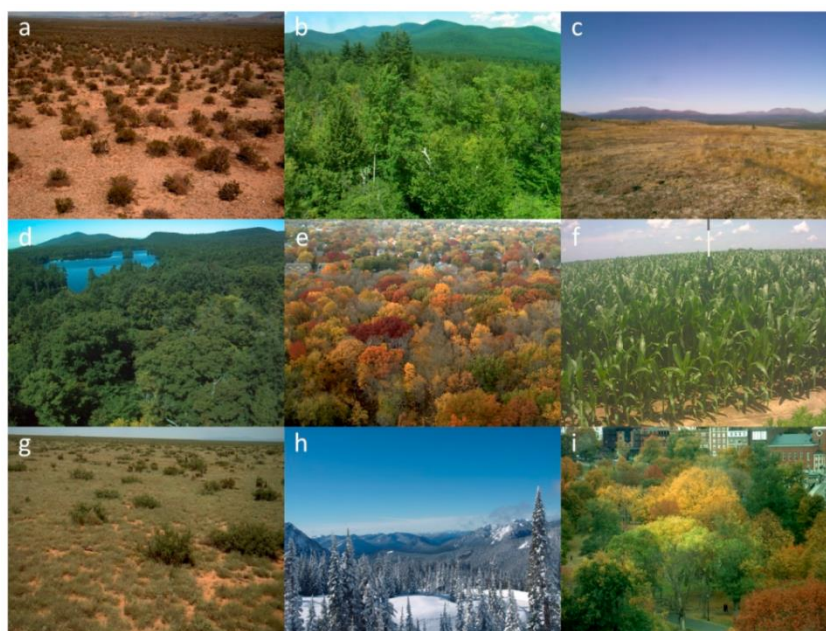


Рисунок 5 – Полученные изображения с камер PhenoCam в различных широтах и сезонах (М. Kosmala, 2016).

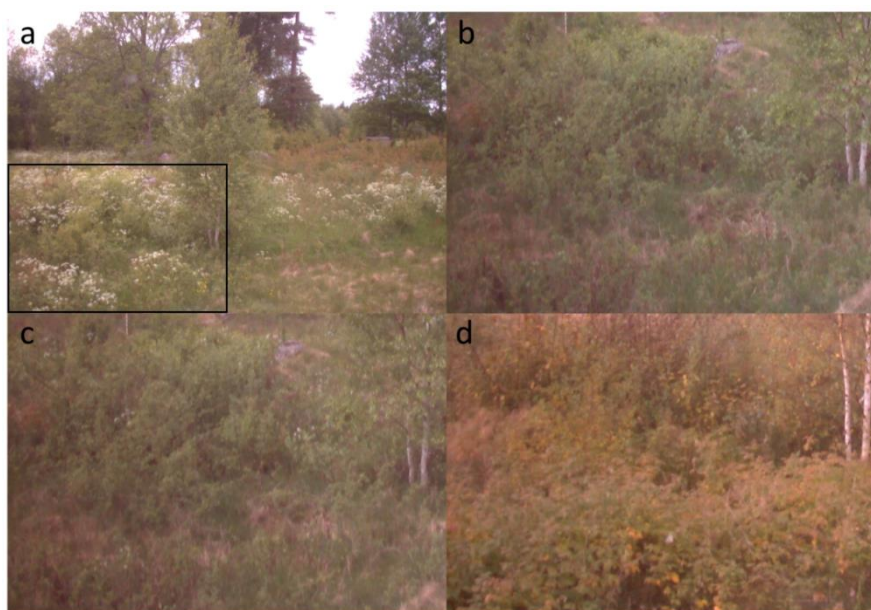


Рисунок 6 – Автоматизация системы регистрации смены фенологической фазы (М. Kosmala, 2016).

### Выводы

Проанализировав литературные источники по теме экологического мониторинга и развития фенологии мы пришли к выводу, что методы фенологического мониторинга как части биологического мониторинга активно развиваются и являются перспективными, дальнейшее их развитие пойдёт по пути автоматизации сбора данных.

## ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Район исследования

Исследования проводились на территории Надымского экологического стационара, на удалении в 30 км на ю-в-ю от г. Надым с координатами: 65°21'17.06" с. ш., 72°56'17.28" в. д. Территория относится к зоне гипоарктических редколесий с преобладанием кедрово-лиственничных древостоев и входит в Надым-Тазовский геоботанический район и Пуровско-Тазовской физико-географической провинции (Рисунок 8). Редколесья Западной Сибири протягиваются узкой полосой до 200 километров, в отличие от смежных районов (Средняя Сибирь), зона смещена на юг из-за преобладающих северных ветров из района Обской губы, а также особенностей рельефа (заболоченность). Многолетняя мерзлота в районе исследований формирует термокарстовый рельеф и купирует образование эрозионных процессов (ветровая эрозия).

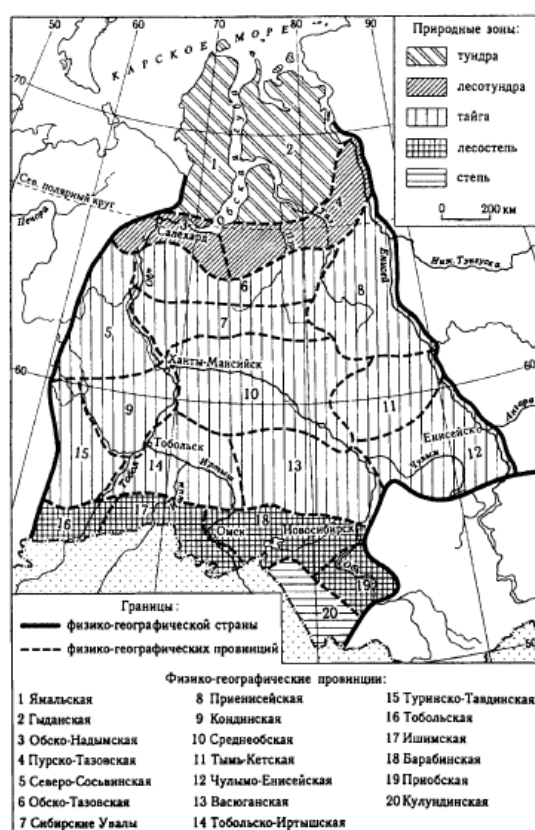


Рисунок 7 – Физико-географическое районирование Западной Сибири (Н. А. Гвоздецкий, Н. И. Михайлов, 1970).

Климат характеризуется как резко континентальный, он более континентален, чем в тундровой зоне Западной Сибири. Зимний период отличается низкими температурами воздуха (средняя температура января  $-25-30^{\circ}\text{C}$ ), которые могут достигать и  $-55-60^{\circ}\text{C}$ , как правило, ниже среднеянварских температур показания термометра опускаются 45-60 дней в году. В июле средняя температура достигает  $15-20^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая амплитуда температуры воздуха составляет тем  $40-45^{\circ}\text{C}$ , что больше, чем в тундре [27]. Август – самый обильный в плане осадков месяц года. В среднем выпадает  $63,2\pm 7,1$  мм осадков с колебаниями по годам от 174,8 мм в 1982 г. до 18,1 мм в 1962 г. [18].

Смена фенофазы – окончание вегетационного периода у древесных растений, сопровождающееся изменением окраски листьев в южной части Ямало-ненецкого автономного округа по данным многолетних фенологических исследований, проводимых с 70-х годов XX века стационаром УрО РАН в г. Лабытнанги, по данным Ю.М. Малафеева, может происходить в течении всего августа, в зависимости от колебаний температуры конкретного года [18]. Данные гидрометеорологических наблюдений за время проведения исследований с 25 июля по 27 августа 2017 г. (по метеостанции аэропорта Надым) приведены в Приложении А.

Преобладающие высоты не более 80-120 м, преобладающие почвы – среднечетвертичные суглинки морского и ледникового генезиса. В низменностях до 50 метров преобладают аллювиальные и озёрно-аллювиальные среднечетвертичные отложения. Растительные сообщества представлены мохово-лишайниковыми, моховыми тундрами, лиственничными редколесьями, кустарничково-моховыми болотами. В редколесьях формируются глеево-подзолистые и слабоподзолистые почвы. Также на юге провинции встречаются часто песчаные поверхностные отложения.

Зона редколесий является площадкой соприкосновения лесных сообществ и тундры, северной границей ареала тайги и южным пределом тундры. Распределение растительности неравномерное. Например, лиственница занимает в северной части зоны до 20% лесных сообществ, а на юге- до 45%. Таким же образом дифференцируются и высота деревьев, на юге она может достигать у лиственницы 8 метров. В долинах рек располагаются заливные луга [9]. Все точки настоящего исследования приурочены к кедрово-лиственнично-березовым редколесьям.

Сбор данных осуществлялся на 15 участках, на которых находились основные объекты воздействия на окружающую среду – линейные сооружения (блочные и грунтовые дороги), промышленные объекты (котельная станция), как, а также участки, на которых непосредственного прямого антропогенного воздействия не наблюдалось – контроль и

периметр песчаного раздува. В качестве контроля (фонового участка) был выбран участок редколесья, удаленный от ближайших импактных точек на 0,6-1 км (Рисунок 9).

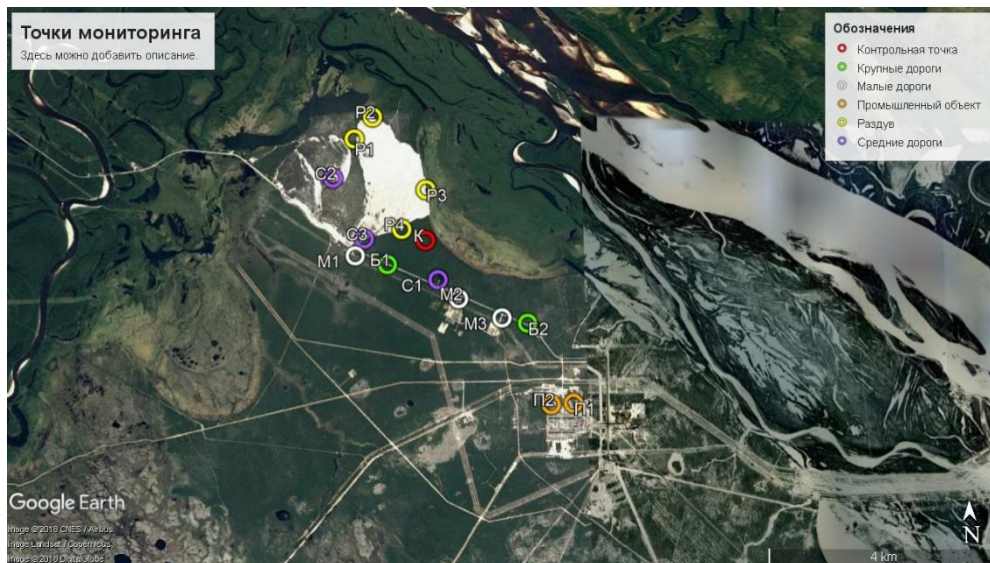


Рисунок 8 – Постоянные пункты колориметрического мониторинга. Промышленные объекты – п, дороги: малые – м, средние – с и крупные – б, песчаный раздув – р, контроль – к (Составлено автором. Источник: <http://earth.google.com>).

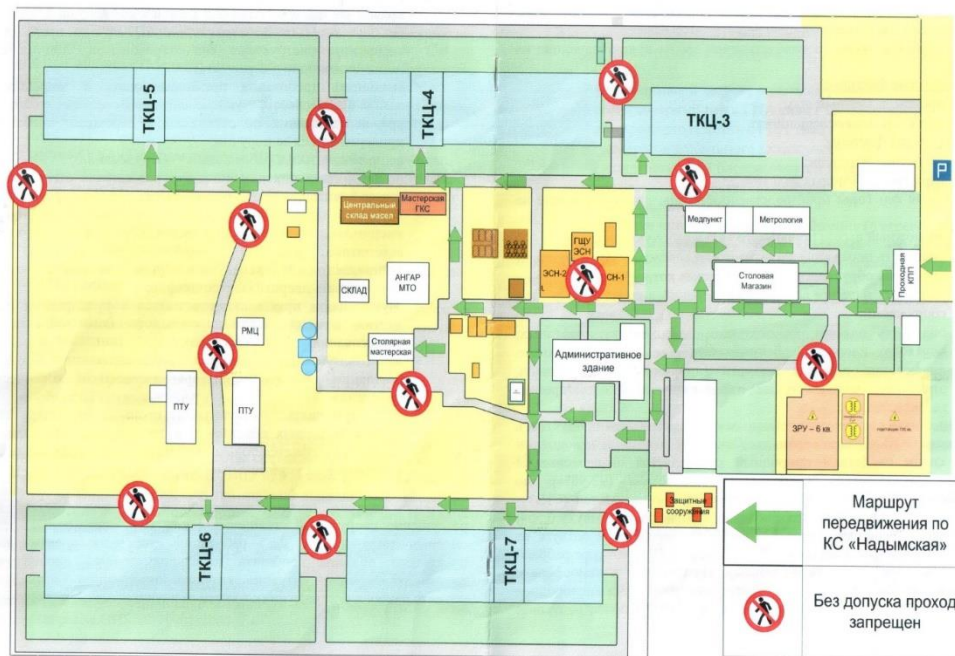


Рисунок 9 – Схема территории котельной станции «Надымская» (Памятка для посетителей объектов Надымского ЛПУМГ..., 2016).



Схема промышленного объекта – котельной станции «Надымская» представлена на Рисунке 10. Год введения в эксплуатацию – 1972. Основные генерирующие мощности: энергетические установки типа ПАЭС- 2500 и ПАЭС-2500М – 6 агрегатов (работают на метане, количество выбросов меньше, по сравнению с аналогичными агрегатами на других источниках горючего топлива [24]); дополнительные – 6 аварийных генераторов.

Экологически опасные факторы этого объекта:

Физические:

- производственный шум;

Химические:

- сварочные аэрозоли;
- пары лакокрасочных изделий.
- возможный выход природного газа в рабочую зону – метан 92-98% (IV класс опасности по санитарным нормам);

Все точки стационарных наблюдений были отмечены по навигатору Garmin CX60, визуально отмечены красной лентой, краткое описание точек дано в Приложении Б.

Степень дигрессии (5 стадий) определялась по методу Палишкиса и Репшаса [28].

## 2.2 Материал исследования

В работе рассматривается несколько типичных для данной местности видов древесных растений.

- береза пушистая – *Betula pubescens* Ehrh. (сем. *Betulaceae*)
- голубика обыкновенная – *Vaccinium uliginosum* L. (сем. *Ericaceae*)
- черника обыкновенная (миртолистная) – *Vaccinium myrtillus* L. (сем. *Ericaceae*)
- лиственница сибирская – *Larix sibirica* Ledeb. (сем. *Pinaceae*) [16]

## 2.3. Оборудование и инструменты

Общепринятой для определения цвета в отечественных биологических полевых исследованиях, в частности в микологии, является шкала А.С. Бондарцева [4], содержащая 108 наименований цветов (Рисунок 10). Порядок использования шкалы прописан в следующей главе.

За рубежом в ботанических садах применяется шкала цветов (Royal Horticultural Society Chart, представлена рис 11) с 894 цветами и оттенками в актуальной редакции на 2015 год. Использование данной шкалы ограничено в отечественных исследованиях из-за того, что шкала не переведена на русский язык, однако, научное сообщество проявляет интерес к данной шкале [40]. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ) рекомендуют использовать данную шкалу как наиболее точную для измерения цветности различных морфологических единиц растений [36]. Таким образом, в настоящее время шкала цветов RHSC постепенно входит в практику визуальной колориметрии на территории России.

Шкала имеет 4 сектора с разделением на 4 спектра.

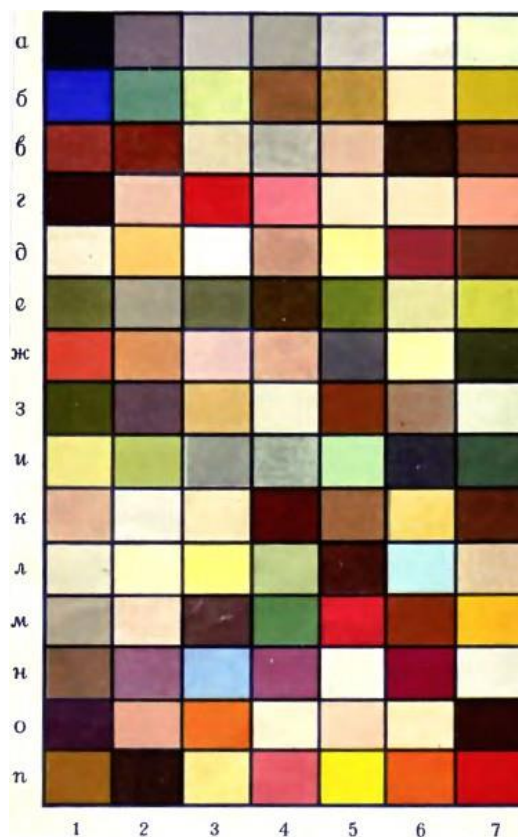


Рисунок 10 – Шкала цветов А.С. Бондарцева (А.С. Бондарцев, 1954)



Рисунок 11 – Шкала цветов RHSC (RHS Chart 2015 instruction booklet..., 2015)

В ходе проведенного исследования для сбора фотографического материала использовался также фотоаппарат SAMSUNG NV24HD, изображённый на рисунке 12, без светофильтров, дополнительной оптики и средств, искажающих цветопередачу. Фотоаппарат имеет разрешение 10,2 мегапикселя или 10,2 миллиона точек. Также использовался чёрный кусочек пластмассы без глянцевого оттенка, как фон для определения цвета листьев. Общеизвестно, что для определения цвета химических растворов, содержания видимых примесей и осадка применяется чёрный фон [14].



Рисунок 12 – Фотоаппарат для исследований Samsung NV24HD (Сделано автором)

В нашем исследовании также применялся прибор, который регистрирует параметр освещения или силы света, поскольку определение цвета может быть неточным из-за недостаточного или слишком сильного освещения, поэтому необходимо ограничить или нормировать данный показатель. Использовался люксметр МЕГЕОН модели 21020 (представлен на Рисунке 13). Краткая характеристика прибора и погрешности измерений представлены в таблицах 2 и 3.



Рисунок 13 – Люксметр «МЕГЕОН 21020» (Сделано автором)

Таблица 1 – Технические характеристики люксметра [11]

Дисплей	18 мм (0,7") ЖК
Диапазон:	до 50 000 лк
Частота измерения	0.4 сек
Условия эксплуатации:	температура: 0°C ~ 40 °C влажность: 0 ~ 80%
Питание:	Батарея типа «Крона», 9В
Габаритные размеры:	116x70x29 мм
Вес:	200 г

Таблица 2 - Погрешности измерений люксметра [11]

Диапазон	Разрешение	Точность измерений
0 до 1,999 лк	1 лк	±5%+2зн
2,000 до 19,999 лк	10 лк	±5%+2зн
20,000 до 50,000 лк	100 лк	±5%+2зн
Откалиброван до стандартной лампы накаливания с цветовой температурой 2856 К.		

Для постобработки данных использовался бесплатный программный продукт RawTherapee 5.2 Win10, являющийся аналогом общераспространённых редакторов изображений Adobe Photoshop. В данном ПО мы использовали инструмент «Пипетка», с



функцией уменьшения или увеличения размера площади измерения цвета. Общий вид интерфейса ПО представлен на рисунке 14.

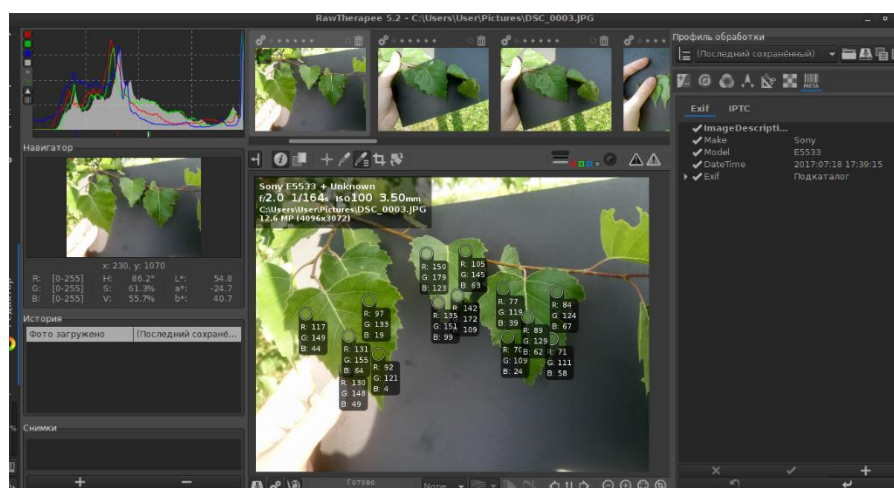


Рисунок 14 – Программа для цифровой обработки фотоматериала RawTherapee 5.2, Win10 (Сделано автором)

Также было использовано следующее оборудование:

- навигатор Garmin GPSmap CX60 с погрешностью измерения местоположения  $\pm 3$  метра.
- лента красного цвета – с помощью неё повязывались деревья на точках исследования для быстрого визуального обнаружения.

## 2.4 Методы исследования

### Порядок маршрутного обхода точек исследования

Маршрутный обход всех точек исследования был проведен 9,11,13,17,19 и 22 августа 2017 года. Обход и колориметрические исследования листьев проводили в дневное время с 10.00 до 20.00 часов. Перед началом измерений определяли освещенность с помощью люксметра в режиме Лк  $\times$  100. Показания записывали в журнал. Минимальным допустимым был принят уровень освещения в 200 Лк, этот же уровень рекомендован для общего освещения жилых и общественных зданий [1]. Нормативы освещения приведены на рисунках 15 и 16.

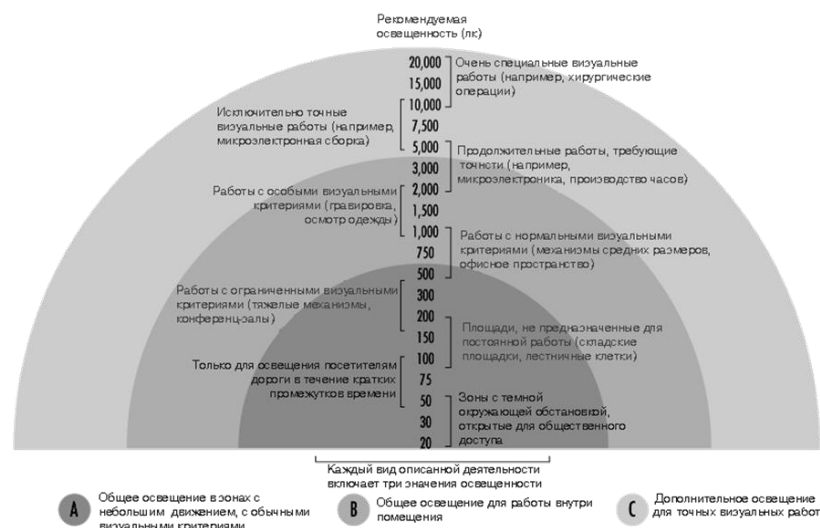


Рисунок 15 – Схема рекомендуемой освещенности для различных работ (Как рассчитать освещённость помещения. Источник: <http://electroadvice.ru/working/raschyot-osveshhyonnosti-pomeshheniya/>)

Типы офисных помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк	Типы жилых помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк
Офис общего назначения с использованием компьютеров	300	Жилая комната, кухня	150
Офис, в котором осуществляются чертежные работы	500	Детская комната	200
Зал для конференций, переговорная комната	200	Ванная комната, санузел, душевая, квартирные коридоры и холлы	50
Эскалатор, лестница	50-100	Гардеробная	75
Холл, коридор	50-75	Кабинет, библиотека	300
Архив	75	Лестница	20
Подсобные помещения, кладовая	50	Сауна, бассейн	100

Рисунок 16 – Таблица норм освещенности (Как рассчитать освещённость помещения. Источник: <http://electroadvice.ru/working/raschyot-osveshhyonnosti-pomeshheniya/>)

При каждом обходе отмечались дата, время наблюдений и фенофаза растений. Фенофаза отмечалась визуально по доле растений с осенним изменением окраски листьев на учётной площадке. В каждом пункте на площади 50×50 м листья для колориметрических измерений отбирали с 3 средневозрастных деревьев на высоте 1,5 м, по 3 ветви с разных сторон дерева, обычно по 3 листа с ветви. На каждой точке листья древесных растений отбирали для измерения ветками вдоль окружности дерева деревьев на высоте человеческого роста, от 1,5 до 2 м. Молодые и старые деревья исключались из исследования [5]. Подобным же образом на высоте 10-35 см отбирали листья кустарников [33].

## Использование таблицы А.С. Бондарцева и RHSC 2015

Лист растения с выбранной ветки прикладывали к таблице, выбирали самый близкий по цветопередаче цвет в таблице или на карточках, результат записывали. Небольшим отличием в измерении цветов с помощью Royal Horticultural Society Chart 2015 является то, что лист прикладывается за карточку к круглому отверстию, и если цвет или оттенок совпадает с указанным на карточке, номер с литерой (номер карточки, например, 144 и литера оттенка – например, В) [36] записывался в журнал наблюдений.



Рисунок 17 – Измерение цвета растений с помощью шкалы RHSC 2015 (Сделано автором)

Использование цветовой шкалы RHSC 2015 показано на рисунке 17. Измерение проводилось на трёх экземплярах выбранных деревьев и кустарников, повторность измерений варьировалась от 3 до 5 на каждом экземпляре по окружности. Определенные таким образом цвета записывались в порядке убывания – от преобладающего к убывающему. В конце исследования записывалось не более 5 преобладающих оттенков.

### Использование оборудования для фотографирования

Фотографирование осуществлялось после колориметрической оценки листьев по цветовым шкалам. Под ветви с листьями подкладывали темный пластмассовый фон. Затем фотографировали ветви в трёх повторностях. Если снимок не получался, смазывался – он удалялся, и фотографирование повторялось. Делался контрольный снимок участка исследования методом панорамной съёмки. Вспышку при фотосъёмке не использовали.

Фотоаппарат содержался в чистоте: при осадках или сильном ветре не использовался, помещался в кобуру при сильном ветре с пылью. Каждый день, в соответствии с рекомендациями А.В. Пчёлкина по фотографированию биологических объектов [26]. После каждого дня исследования корпус аппарата, его объектив тщательно протирались замшей, поскольку, попав в объектив, вода и песок нарушают просветляющее покрытие линз. После процесса съёмки фотоаппарат помещался в тканевую кобуру на застёжке и хранился там.

### Обработка изображений в ПО RAW Therapee

Постобработка полученного фотоматериала проводилась с помощью инструмента «пипетка», внедренного RAW Therapee. Особенность пипетки в данном ПО заключается в том, что измерения проводятся по окружности, занимая определенное количество пикселей, и с помощью клавиши Ctrl и колёсика мышки возможно уменьшать и увеличивать площадь измеряемой окружности. Измерения отображаются снизу от окружности. Возможные варианты отображения как в формате RGB, так и в формате HSV. Мы использовали формат RGB в числовом выражении от 0 до 255 по трём позициям. В нашей работе мы увеличивали площадь окружности до размера одного листа, измерения проводились в трёх повторностях на одной выбранной фотографии ветки. Основные этапы измерения с помощью программного обеспечения показаны на рисунках 18 и 19.

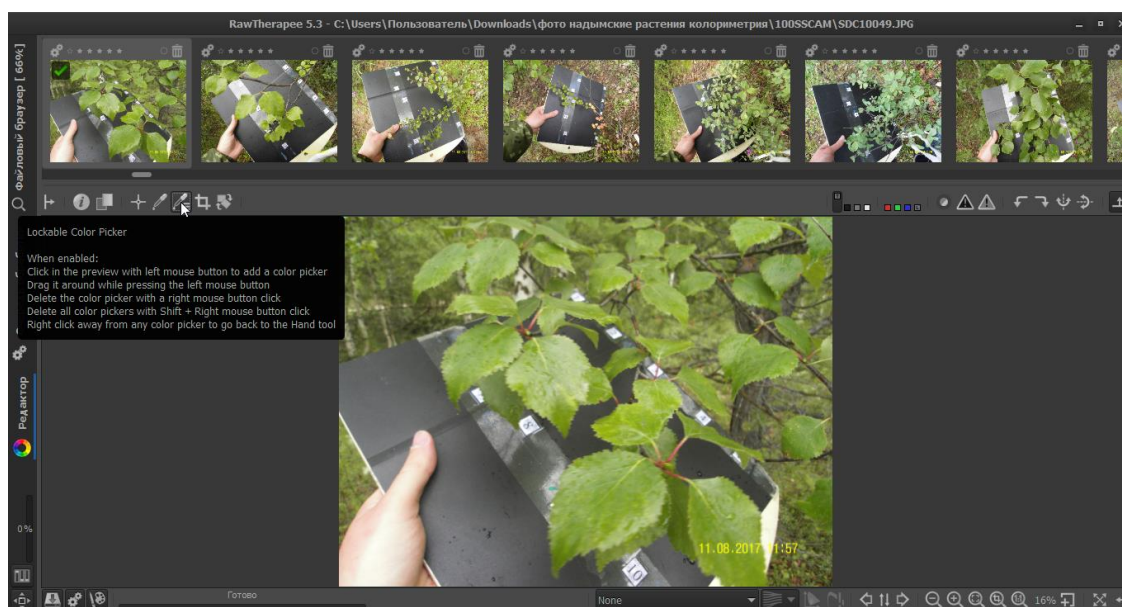


Рис 18 – Инструмент «пипетка» (Сделано автором)

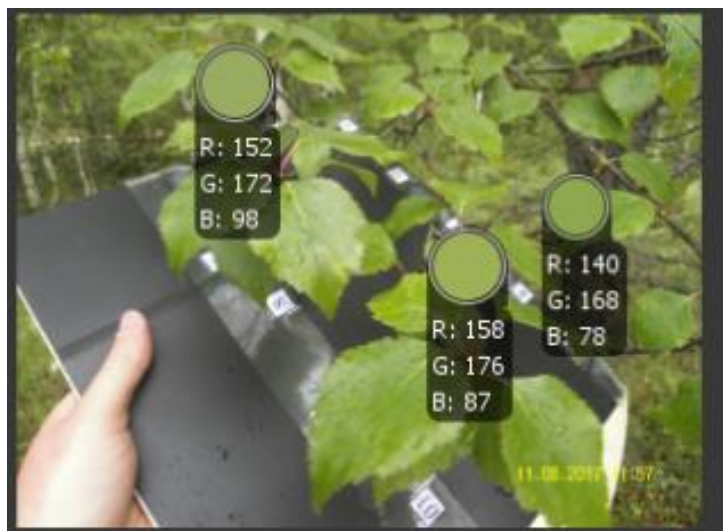


Рисунок 19 – Возможность с помощью клавиши Ctrl и колесика мышки менять размер измеряемой площади (Сделано автором)

### **Статистическая обработка данных**

Статистическая обработка полученных данных проведена в пакете Excel 2013. Рассчитаны средние арифметические колориметрических параметров листьев по всем рассматриваемым экологическим разностям: по каждому объекту (в последовательности нарастания антропогенного воздействия: К – контроль, м – малые дороги, с – средние дороги, б – крупные дороги, р – песчаный раздув, п – котельная), в пределах объекта – по каждому древесному виду на каждую дату исследования. По полученным средним значениям определены линейные или полиномиальные тренды изменения колориметрических параметров по календарным датам и по нарастанию антропогенного фактора. Результаты статистической обработки представлены на диаграммах.

#### **Выводы:**

В данной главе были описаны методы колориметрических исследований, описание оборудования, применявшегося в нашей работе, а также дана характеристика района исследований. Данные методы представляют интерес для дальнейшего исследования и накопления информации в ходе апробации.



## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1 Особенности использования разных методов колориметрического анализа

Результаты, полученные при использовании цветowych шкал А.С. Бондарцева и RHSC, представлены на рисунках 21-26.

Изменения на контрольной точке, изображенные на рисунке 21, проходили таким образом: лиственница (графики А1 и Б1) до 17 августа не изменяла своей окраски, изменения начались с 17 августа появлением доли желтоватого спектра, характерного для отцветающих растений, с долей в 50%, 19 и 22 августа цвета распределились поровну, заняв по 33%, произошёл переход фенофазы, как видно также из Приложения А. Разницы между показаниями шкал цветов не было.

Береза на контрольной точке меняла цвет активно, судя по рисункам Б1 и Б2, с 11 августа это было отмечено, и появились цвета, характерные для осенней окраски, 19 и 22 августа (заняв доли по 66 и 33%). Тогда же и произошла смена фенологической фазы, смена преобладающих цветов. В целом линии тренда по обеим шкалам показывают одинаковую динамику трендов, но показания RHSC оказались выше на 10%, поскольку использовалось большее количество оттенков, 5, в отличие от 3 по шкале А.С. Бондарцева.

Черника на графиках В1 и В2 и голубика на Г1 и Г2 показали одинаковые изменения цвета, с 11 августа, когда поровну (50% зеленого цвета 50% желто-красно-зеленых оттенков) были распределены цвета зеленого и желто-красно-зеленого (переходного) спектра, характерного для отцветающих растений. С 19 августа было замечено наличие желто-красного (осеннего) спектра цветов, показав распределение поровну- по 33%, тогда же произошла смена аспекта цвета на осенние цвета и фенофазы растений. Разницы между показаниями шкал цветов на представленных графиках не было.

Изменения окраски листьев около малых дорог, изображенных на рисунке 22, по лиственнице (графики А1 и А2), начались 11 августа, с появлением осенних цветов долей в 25%, и 13 августа появлением переходных цветов, заняв по 20% доли цветов каждая. Разницы между графиками не обнаружено. С 17 августа рост осенних цветов продолжился (50% -17 августа, 50%-19 августа, 63% - 22 августа), уровень переходных цветов оставался на том же уровне - 10%, а зеленых уменьшался в такой же последовательности с 40% до 30%. Разницы между измерениями шкал цветов нет.

Береза (графики Б1 и Б2) показала изменение цветов 11 августа, также, как и по лиственнице, сначала были обнаружены осенние цвета (25%), 13 августа их доля продолжила расти до 40%, 17 августа произошла смена преобладающего желто-красного спектра,

фенофазы и доли цветов распределились поровну, по 33%, 19 и 22 августа доля осенних цветов немного выросла до 40%. Разницы между измерениями по шкалам цветов не обнаружено.

По чернике, представлены на графиках В1 и В2, изменения начались сравнительно позже, 13 августа, появлением осенних цветов долей 25%, 17 августа появились переходные цвета долей 20% и до 22 августа оставались неизменными, а доля осенних продолжила расти: 40% 17 и 19 августа и 50% - 22 августа, доля зеленого цвета упала до 30% и стабилизировалась до 22 августа. Разницы измерений между шкалами цветов не было.

По голубике на графиках Г1 и Г2 изменения начались 13 августа, появились переходные цвета долей в 30%, 17 августа появились осенние цвета, и их доля с зеленым цветом сравнялись – по 33%, переходных стало 25%, и 19 и 22 августа остановилась на 25%, а доля осенних цветов выросла до 45%, доля зеленого оставалась 30%. Измерения по обеим шкалам подобны друг другу.

По средним дорогам, показано на рисунке 23, изменения цвета лиственниц (графики А1 и А2) начались 11 августа с появлением осенних оттенков долей в 40% и сохранялось до 17 августа (по шкале RHSC 13 августа доля осенних оттенков немного снизилась - до 20%). 17 августа и произошла смена преобладающего спектра на осенний желтый. Появились переходные цвета, занявшие долю в 10% 17 августа и увеличивших свою долю до 20% 19 и 22 августа, доля осенних цветов стабилизировалась в эти дни на уровне 40%.

Береза (графики Б1 и Б2) на средних дорогах начала изменение цвета 13 августа – появились переходные цвета долей 40%, а 17 августа произошла смена доминирующих цветов по линиям тренда и тогда же доля осенних оттенков составила 55%, увеличившись до 60% в дальнейшем. Доля переходных цветов составила 10%, стабилизировавшись, а доля зеленого стала 35%, уменьшившись до 25% 19 августа. Различий между измерениями по шкалам цветов не обнаружены.

По чернике (В1 и В2) изменения начались 13 августа с появлением переходных и осенних цветов с долей в 30% и 20%, 17 августа произошла смена господствующих цветов на осенние, 19 и 22 августа доля осенних цветов сохранилась на уровне 40-50%, доля переходных осталась на уровне 30%, а зеленого цвета стабилизировалась на уровне 20% 19 и 22 августа. Разница между показаниями шкал цветов незначительная и различается не более чем на 10% по осенним цветам 17 августа.

Голубика (графики Г1 и Г2) начала менять свой цвет 11 августа с появлением переходных оттенков долей 25%. С 17 августа появились переходные оттенки и стабилизировались на уровне 10% (по шкале RHSC есть отличия по 17, 19 и 22 августа- там доля осенних цветов растет от 55 до 70%, а переходные цвета 22 августа исчезают).

По категории крупной автодороги, представленные результаты изображены на рисунке 24, изменение цвета хвои лиственницы (А1 и А2) наблюдались только с 13 августа, тогда доля переходных оттенков сравнилась с долей зеленого цвета (по 40% каждая). 17 августа произошла смена преобладающего спектра на осенний, доля осенних оттенков увеличилась 40% до 50%, настолько же упала доля переходных цветов – с 20 до 15% и зеленых с 40% до 35%. Различий изменений между цветовыми шкалами не наблюдалось.

Береза (Б1 и Б2) начала менять свой цвет также 13 августа, появились переходные и осенние цвета с 25% долей каждая. 17 августа доля переходных цветов увеличилась до 40% и сравнилась с долей зеленого цвета. 19 августа произошла смена господствующих цветов на осенний спектр; тогда и 22 августа преобладающими стали осенние цвета, заняв 50%, зеленый и переходные цвета остались с 25% долей.

По чернике (В1 и В2) изменения начались 11 августа с увеличения доли переходных цветов до 33%, 17 августа доля осеннего спектра сравнилась с зелёным – по 40% и стала 19 и 22 августа доминирующей с 60% долей. Смена господствующих цветов зафиксирована 19 августа, различия в показаниях обеих шкал не обнаружены.

По голубике (Г1 и Г2): изменения начались 11 августа, проходили со сменой господствующих цветов на осенние 13 августа, с 17 августа доминирует осенняя окраска – 70% общей доли при отсутствии переходных цветов. Показания двух шкал дали одинаковый результат.

Динамика изменения окраски листьев растений на раздуже дали следующие результаты, представленные на рисунке 25. Лиственница(А1 и А2) меняла цвет хвои с 13 августа – проявились как переходные, так и осенние цвета (35% и 45%). В этот день произошла смена доминирующих оттенков на осенние. 19 и 22 августа доля осенних цветов выросла до 60%. Показания двух цветовых шкал дали одинаковый результат.

Береза (Б1 и Б2) меняла свой цвет с 13 августа. 17, 19 и 22 августа выросла доля переходных и осенних цветов – до 40% каждая. Изменение доминирующей окраски зафиксировано 19 августа. Показания по двум шкалам не отличаются.

Черника (В1 и В2) начала менять свой цвет 13 августа с появлением переходных и осенних цветов, их доля менялась в течение 13-17 августа и 19 августа выросла доля осенних цветов до 45%, достигнув 50% 20 августа. Также произошла смена доминирующей окраски на осеннюю 19 августа. Показания двух шкал идентичны.

Голубика (Г1 и Г2) показала изменения уже 11 августа, увеличением доли переходных цветов до 20%, в дальнейшем переходные цвета заняли большую долю в 40-50% 19-22 августа. Показания шкалы RHSC отличаются от показания шкалы А.С. Бондарцева 11 и 17



августа из-за большего количества оттенков, регистрируемых шкалой. Но, в целом, линия тренда не отличается у по результатам измерений по двум шкалам.

Около промышленного объекта –котельной станции (рисунок 26) изменения цвета хвои лиственницы (А1 и А2) начали происходить 11 августа, появились переходные оттенки, сам процесс изменения происходил стремительно и 13-17 августа преобладающими цветами стали осенние. С 17 и до 22 августа регистрировались только переходные (40%) и осенние (60%) цвета.

По березе (Б1 и Б2) ситуация была подобной- изменения начались 11 августа, 13-17 августа преобладающими стали осенние цвета, а с 17 августа осенние цвета занимали долю в 50% от общей окраски. Показания двух таблиц цветов незначительно разнятся только 22 августа по причине большего количества отмеченных цветов по шкале RHSC (5 вместо 4 по шкале А.С. Бондарцева).

По чернике (В1 и В2) изменения начались 11 августа, по 33% каждый тип цветов занял 13 и 17 августа, тогда же произошла смена доминирующих цветов на осенние (33%), а 19 и 22 августа осенние оттенки заняли долю в 50%. Между измерениями по двум шкалам показатели различаются с 13 августа, поскольку используется большее количество оттенков (показано в приложении А).

Голубика (Г1 и Г2) меняла свой цвет с 11 августа, появились переходные и осенние цвета – с долей по 25%, в дальнейшем переходные цвета полностью сменили осенний -60% на 22 августа. Смена доминирующих цветов на осенние произошла 17 августа. Измерения по двум шкалам не отличались. В плане сравнения эффективности шкал наиболее показательна динамика изменения окраски листьев разных древесных видов на контрольном участке (Рисунок 21). Графики изменения доли исходного зеленого цвета, финальных желтого и красного, а также промежуточных оттенков, полученные по этим двум шкалам, практически идентичны для лиственницы, черники и голубики (Рисунок 21 – А, В, Г). Заметные различия по абсолютной величине цветовых компонентов наблюдаются только для березы (Рисунок 21 – Б), при этом тенденции изменения окраски листьев по обеим шкалам и в этом случае идентичны. Судя по всему, отмеченное различие объясняется гляцевитостью листовой пластинки березы, накладывающей некоторые искажения оценки при использовании цветовых шкал. Не имеющие глянца листья черники, голубики, а также хвоя лиственницы не имеют этого методического недостатка.

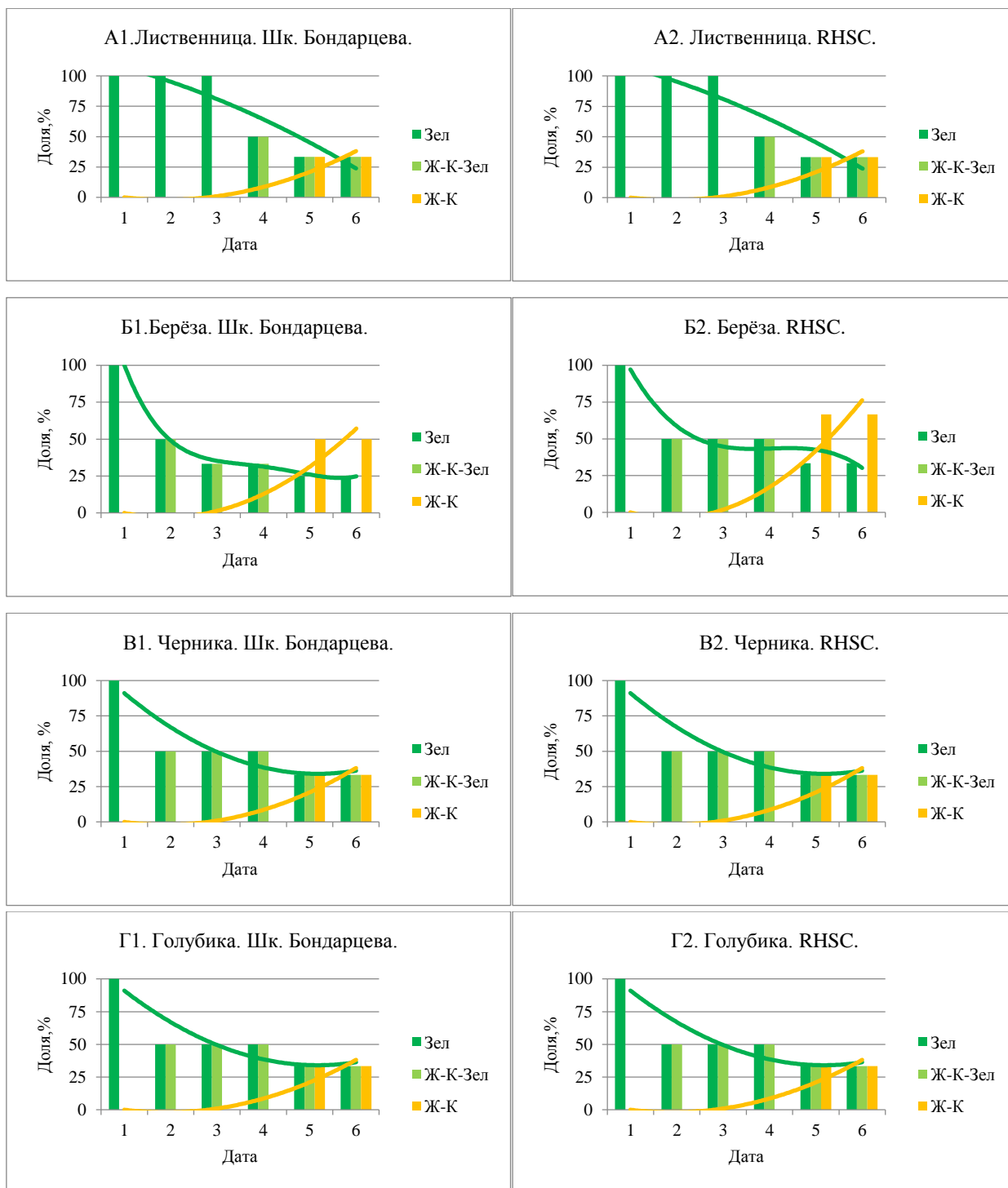


Рисунок 20 – Динамика изменения окраски листьев на контрольном участке; по оси абсцисс, даты: 1 – 9 августа, 2 – 11 августа, 3 – 13 августа, 4 – 17 августа, 5 – 19 августа, 6 – 22 августа 2017 г. (Составлено автором по результатам наблюдений)

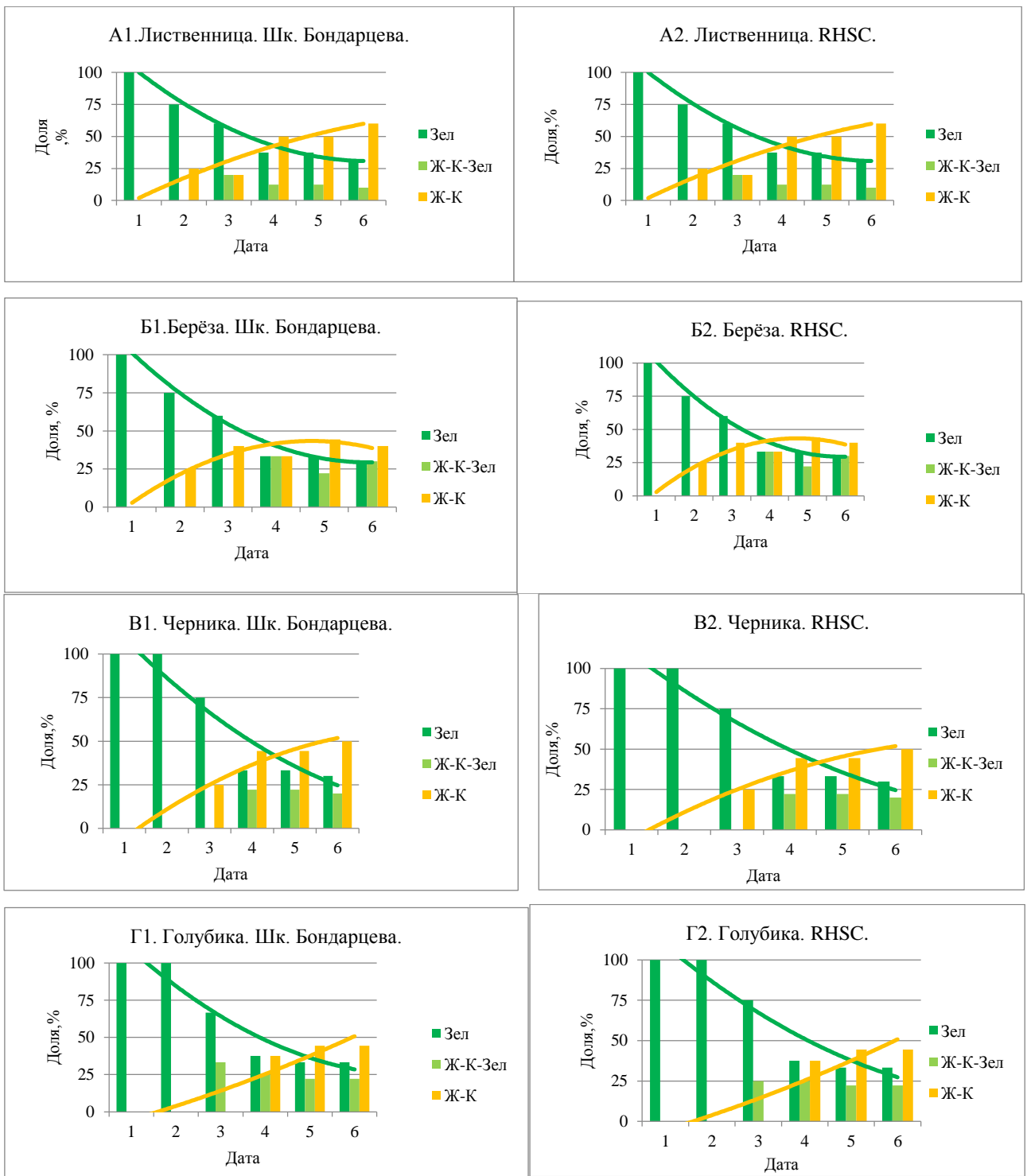


Рисунок 21 – Динамика изменения окраски, малые дороги; по оси абсцисс, даты: 1 – 9 августа, 2 – 11 августа, 3 – 13 августа, 4 – 17 августа, 5 – 19 августа, 6 – 22 августа 2017 г.

(Составлено автором по результатам наблюдений)

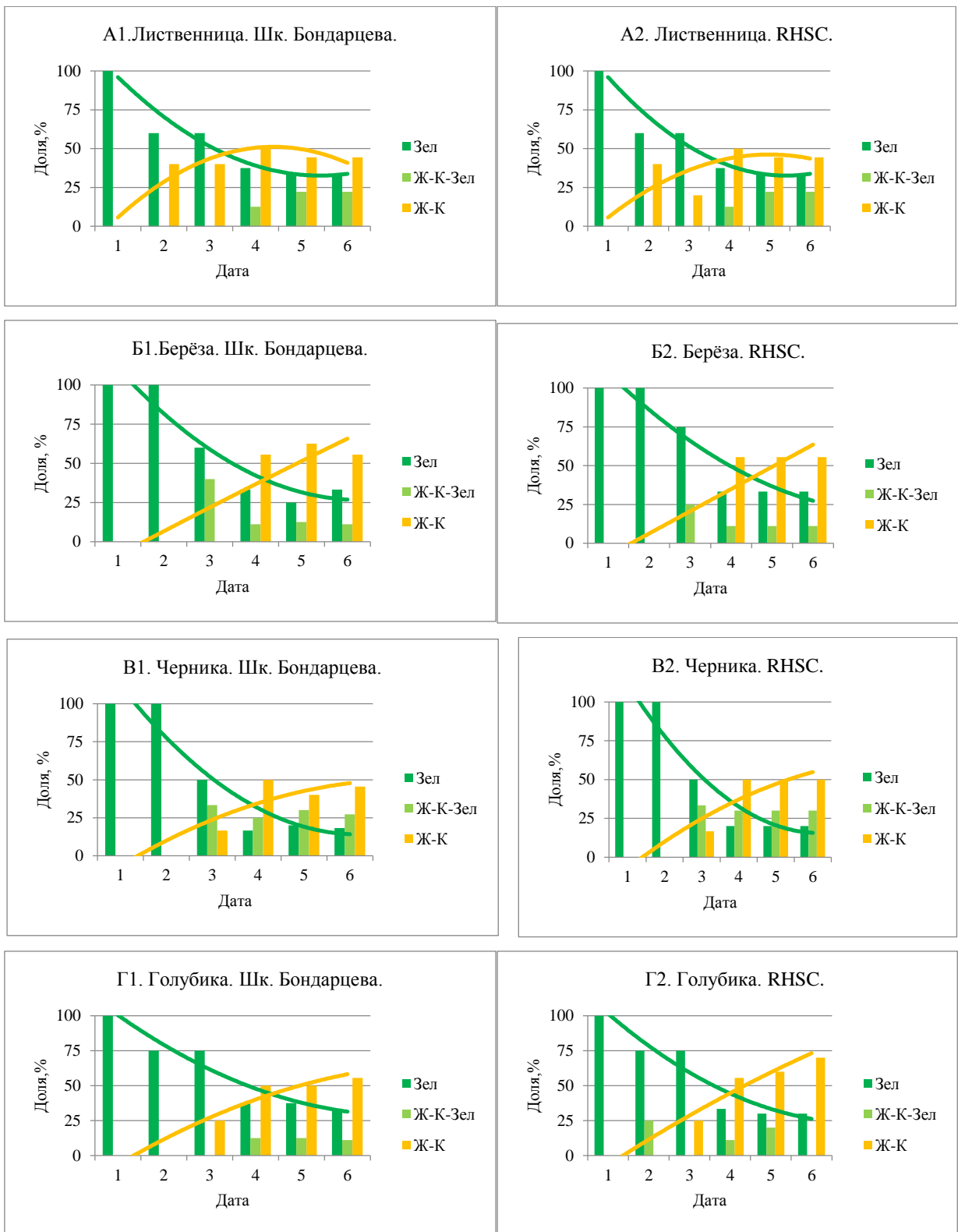


Рисунок 22 – Динамика изменения окраски листьев, средние дороги; по оси абсцисс, даты: 1 – 9 августа, 2 – 11 августа, 3 – 13 августа, 4 – 17 августа, 5 – 19 августа, 6 – 22 августа 2017 г. (Составлено автором по результатам наблюдений)

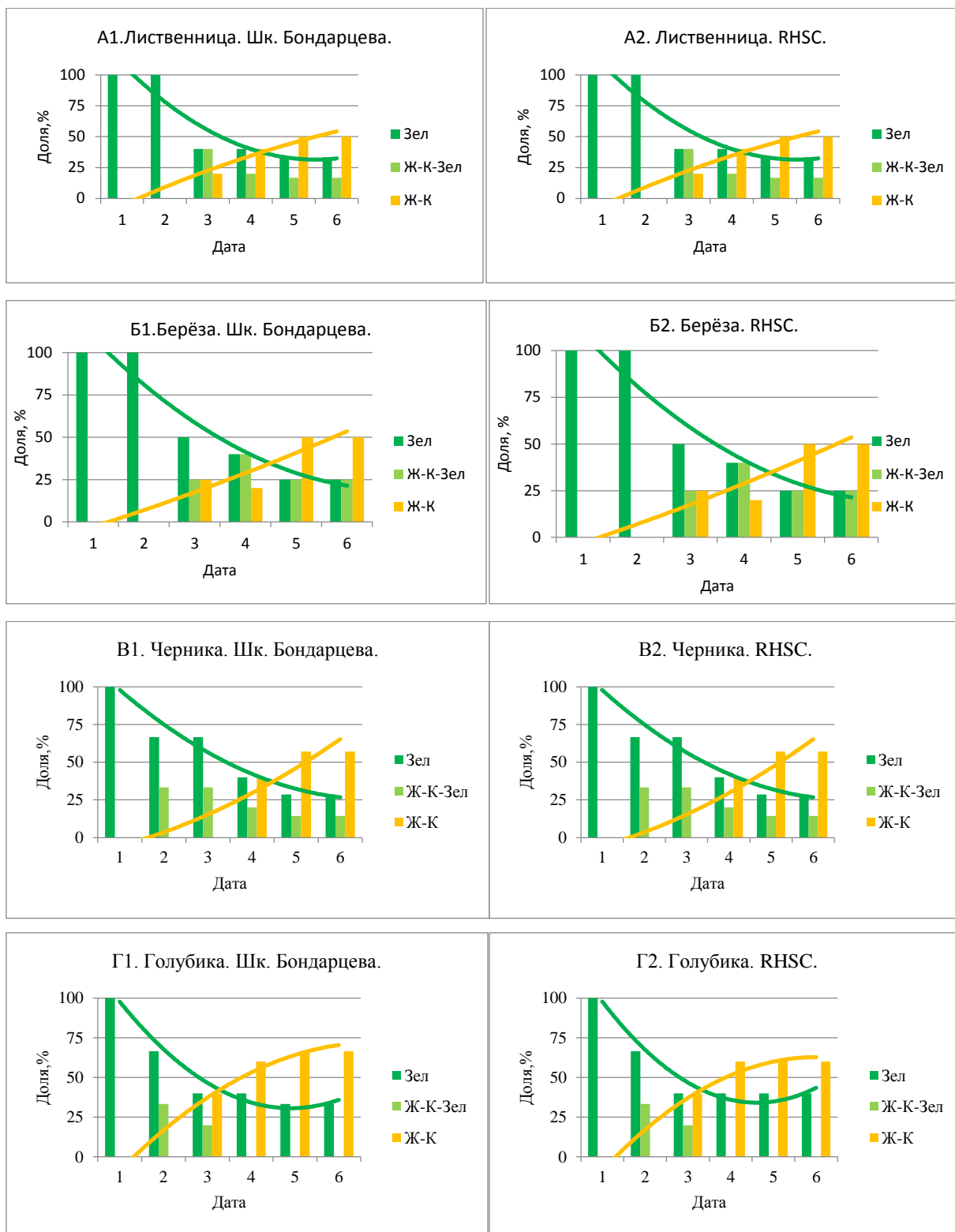


Рисунок 23 – Динамика изменения окраски листьев, крупные дороги; по оси абсцисс, даты: 1 – 9 августа, 2 – 11 августа, 3 – 13 августа, 4 – 17 августа, 5 – 19 августа, 6 – 22 августа 2017 г. (Составлено автором по результатам наблюдений)

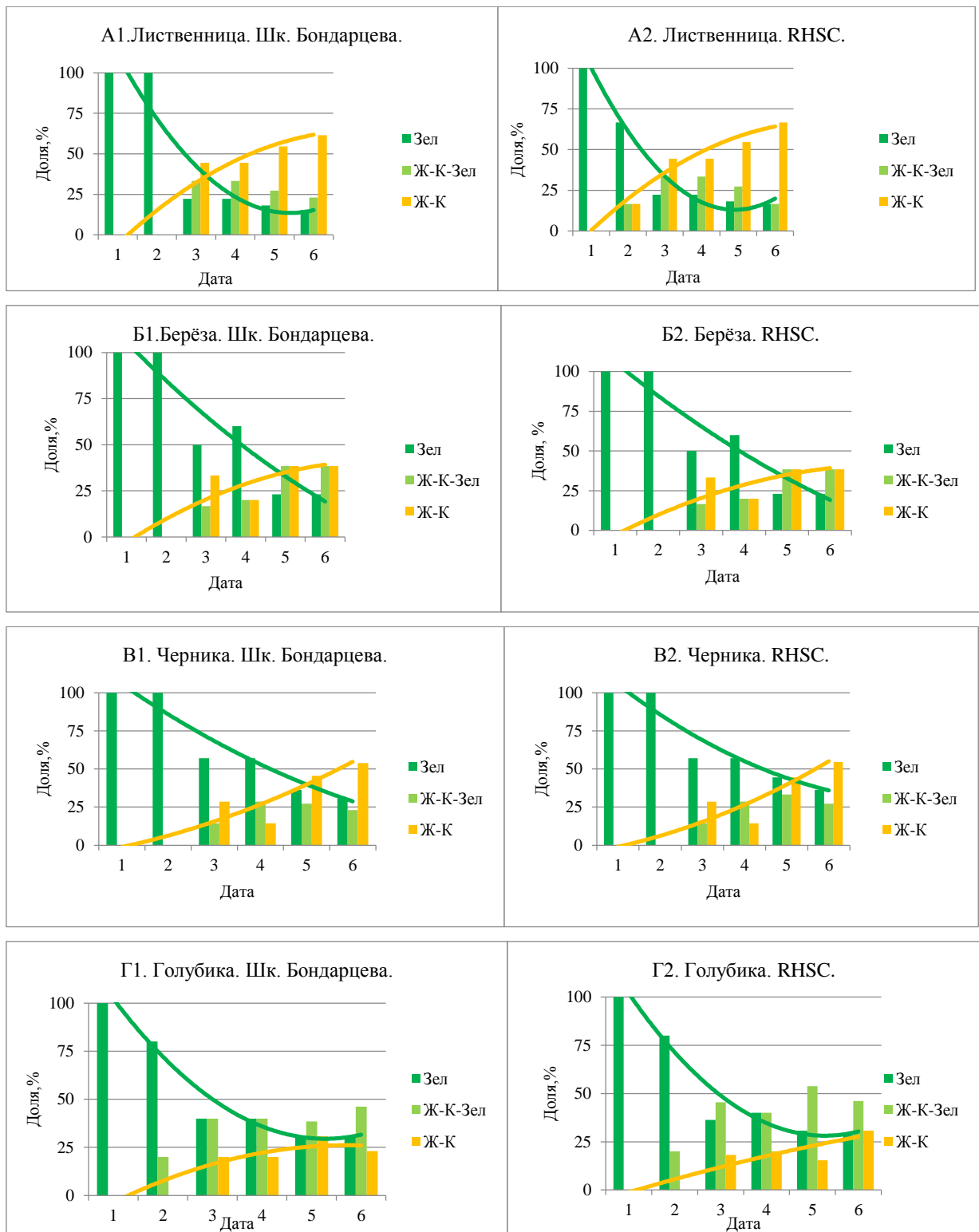


Рисунок 24 – Динамика изменения окраски листьев на песчаном раздуже; по оси абсцисс, даты: 1 – 9 августа, 2 – 11 августа, 3 – 13 августа, 4 – 17 августа, 5 – 19 августа, 6 – 22 августа 2017 г. (Составлено автором по результатам наблюдений)

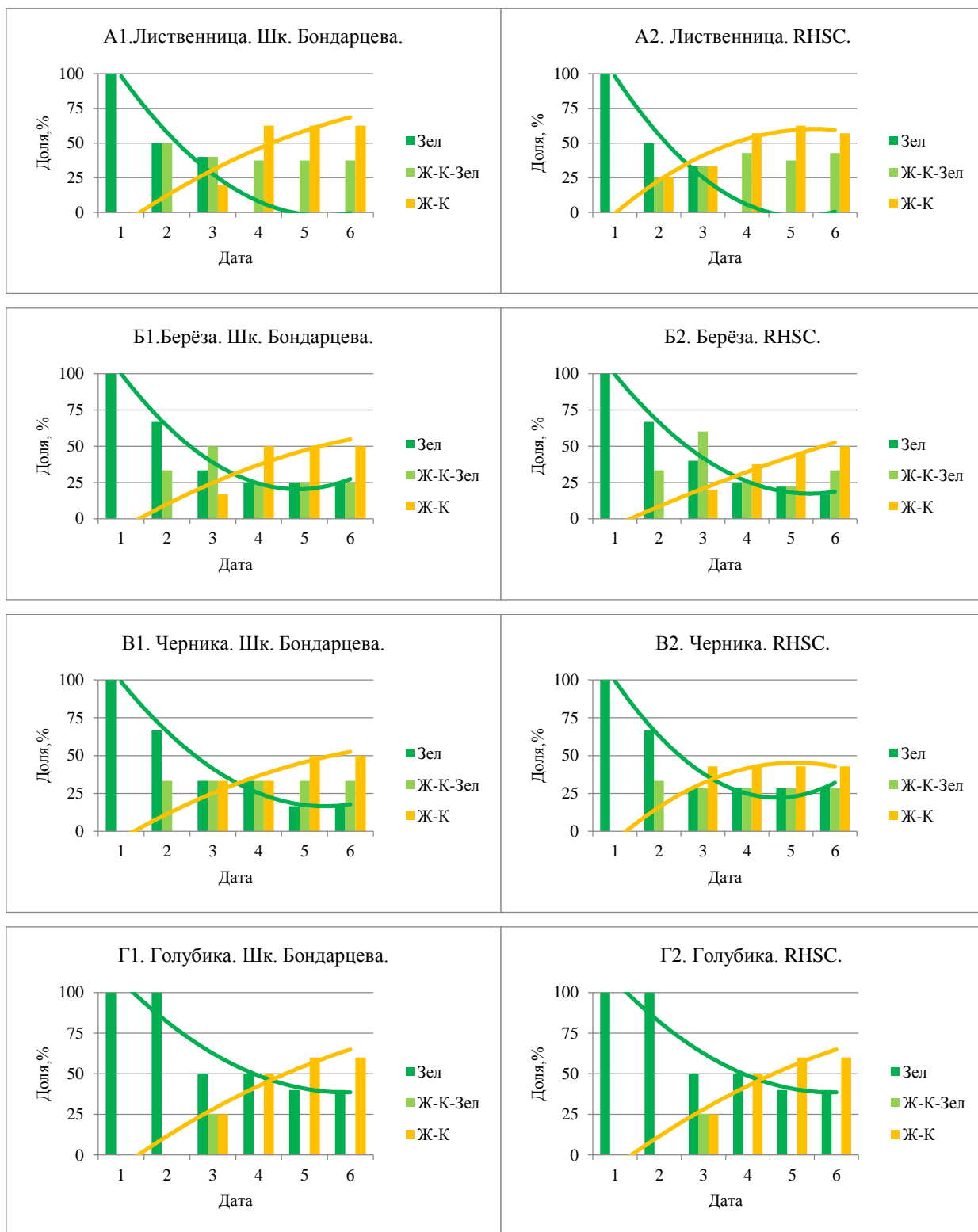


Рисунок 25 – Динамика изменения окраски листьев, котельная станция; по оси абсцисс, даты: 1 – 9 августа, 2 – 11 августа, 3 – 13 августа, 4 – 17 августа, 5 – 19 августа, 6 – 22 августа 2017 г. (Составлено автором по результатам наблюдений)

Отмеченная особенность использования цветowych шкал для листьев березы на контроле в меньшей степени проявляется или совсем не отмечается на импактных объектах (дорогах, раздуве, котельной станции). По нашим наблюдениям, это связано с запылением листовой пластинки, уменьшающим глянецовитость листьев и вместе с этим ее искажающий эффект при использовании цветowych шкал.

### 3.2. Особенности колориметрической динамики различных видов древесных растений

Как видно из рисунка 26, изменения окраса листьев происходит у лиственницы, по шкале А.С. Бондарцева и RHSC интенсивно, по всем дням. Изменения начались с 11 августа и 13 августа по всем дням, проходили интенсивно по обеим шкалам, резкий перекоc наблюдался от контрольной точки к промышленности через точки дорог и раздува.

Разброс составил от 25 на 19 и 22 августа до 60%, что было отмечено 13 августа. По березе пушистой распределение было как по чернике, варьирование было практически незаметно, варьирование линии тренда колеблется в районе 15-20% 19 и 22 августа, процесс изменения цвета проходил не так быстро и дифференциация по точкам здесь практически не видна в динамике.

По чернике варьирование замечено четко и явно, с 11 августа по обеим шкалам, значения менялись на 25%, в остальные дни процесс стал затухать резкими темпами, до 5%, 13-17 августа дифференциация по точкам уже незаметна, а 19-22 августа процесс изменения цвета закончился, различий по точкам не было заметно.

Касательно дат наступления активных изменений цвета, была проведено сравнение наступления активных изменений цвета листьев и данные с метеостанции (аэропорт г. Надым), представленные на рисунке 27. Отмечено, что наиболее активные изменения цвета листьев уже был зафиксирован на всех очках всех объектов исследования в период с 19 по 22 августа. Это связано с тем, что 19 и 20 августа температура воздуха опускалась до +2°C. Также наблюдалось и понижение температуры в дневное время суток до +13°C.



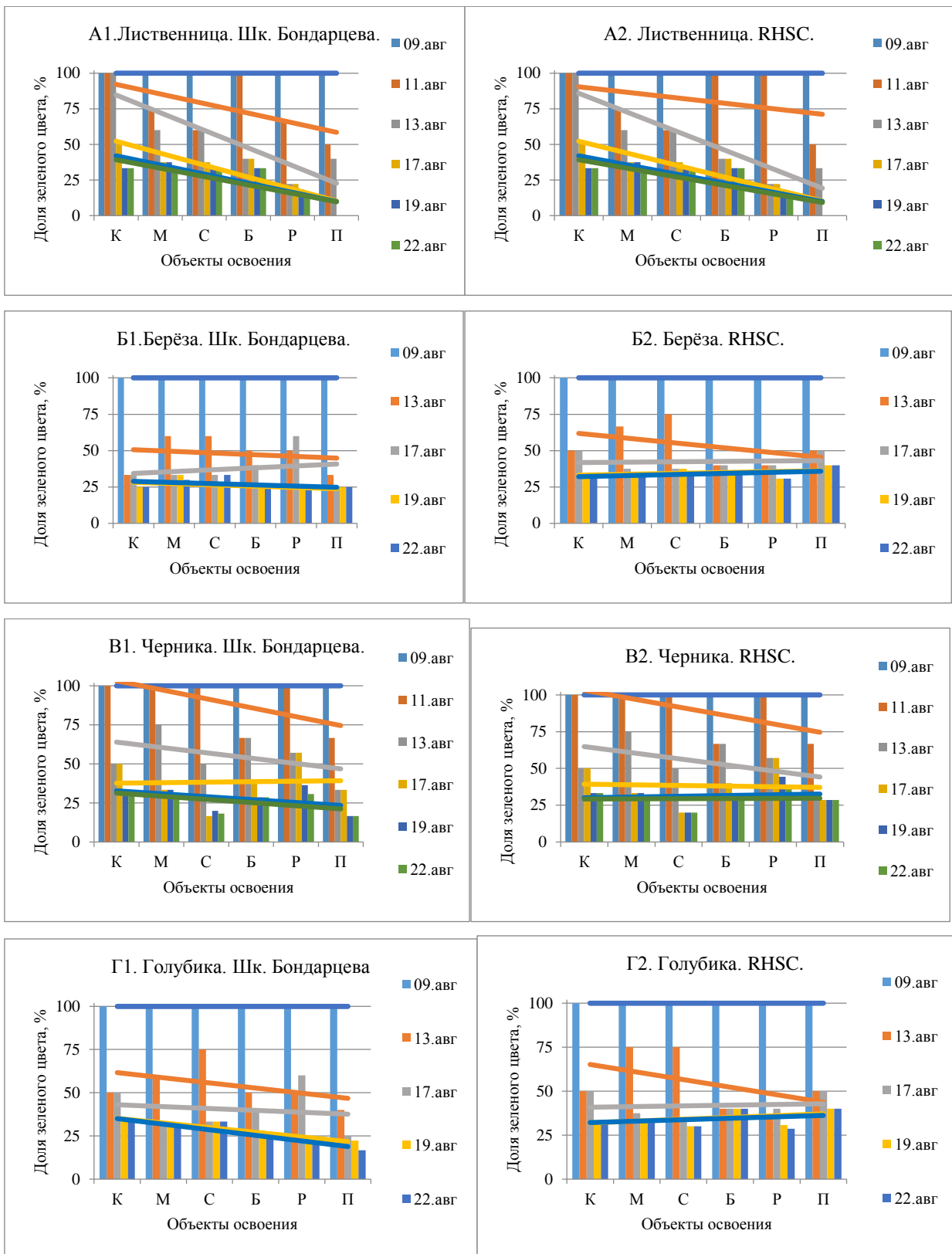


Рисунок 26 – Изменение окраски листьев на участках по мере нарастания антропогенного воздействия: К – контроль, М – малые дороги, С – средние дороги, Б – крупные дороги, Р – песчаный раздув, П – котельная. (Составлено автором по результатам наблюдений)



Рисунок 27 – Изменение температуры воздуха с 11 по 25 августа 2017 года по данным метеостанции (аэропорт г. Надым). (Составлено автором. Источник: world-weather.com).

Полученные материалы колориметрического анализа цифровых снимков не показали устойчивых закономерностей, что не отрицает эффективности данного метода, известной из литературных источников. Очевидно, в ходе настоящей работ был допущен технический дефект, требующий проведения дополнительных исследований в этом, без сомнения, перспективном направлении.

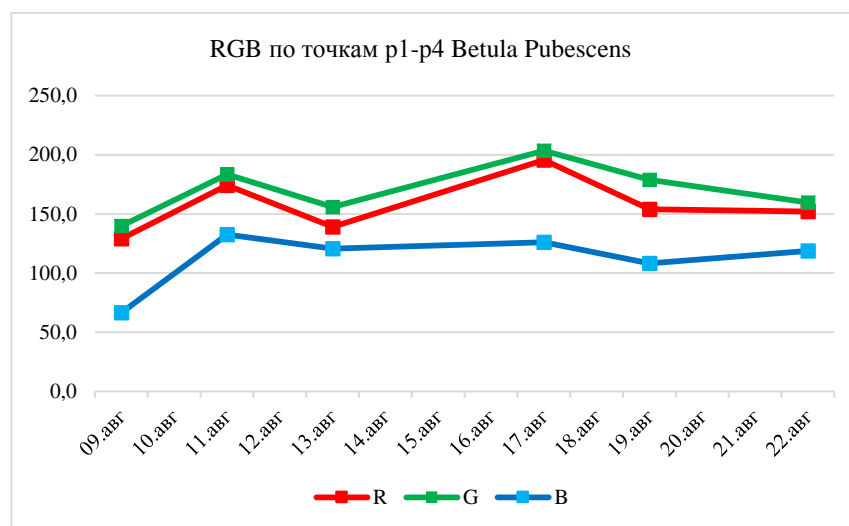


Рисунок 28 – Один из результатов обработки фотоизображения (Составлено автором по данным наблюдений)

### 3.3 Сравнение использования трёх методов определения цвета

Шкала Бондарцева содержит относительно небольшое количество цветов, но достаточное для фиксирования резкого изменения цвета в результате похолодания 17 августа (см. приложение А) и в последующие дни, также её было достаточно для измерения деревьев, подверженных сильному стрессу в результате воздействия антропогенных факторов. Однако данная шкала выпускалась более полувека назад, и есть основания полагать, что она требует переиздания из-за искажения цветов. Более тонкий и более долгий по времени подбор оттенка происходит при использовании шкалы RHSC, но работа с ней не допускает попадания воды или механических повреждений, при этом данную шкалу невозможно ламинировать или покрывать водозащитными плёнками. В целом, две шкалы, по итогам исследования, взаимозаменяемые, хотя использование RHSC в случае смены фазы усложняется, поскольку количество будет больше 5 (в нашем исследовании мы ограничились данным количеством).

Метод фотографирования и фотообработки в нашем исследовании не оправдал своих ожиданий. В дальнейшем, при продолжении работы над темой, можно использовать вместо люксметра и доски с чёрным фоном лайтбокс- коробка с постоянным освещением и пазами с отверстием для фотоаппарата. Такое оборудование имеет свои преимущества- постоянное освещение, зафиксированная камера, так и недостатки – громоздкость и вес (до 10 кг).

#### Выводы

Проведя обработку полученных результатов, мы смогли сравнить методы исследования, найти закономерности динамики изменения цвета листьев объектов исследования. Промежуточные выводы Использование цветковых шкал А.С. Бондарцева и RHSC показывает близкие результаты и возможно использования на практике обеих шкал. Также отмечены особенности различных видов древесных растений при использовании колориметрического метода, что определяется их физиологическими и биохимическими особенностями. Полученные материалы колориметрического анализа цифровых снимков не показали устойчивых закономерностей, что не отрицает эффективности данного метода, известной из литературных источников. Возможно, в ходе настоящей работы был допущен технический дефект, требующий проведения дополнительных исследований в этом, без сомнения, перспективном направлении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территориях интенсивного промышленного освоения растительные организмы под влиянием неблагоприятных факторов вынуждены расти и развиваться. В качестве одного из методов комплексного биологического мониторинга может служить методы визуальной колориметрии.

По проделанной работе можем сделать следующие выводы:

- 1) Проведенное исследование показало перспективность колориметрического метода для оценки качества окружающей среды.
- 2) Использование цветowych шкал А.С. Бондарцева и RHSC показывает близкие результаты и возможно использования на практике обеих шкал.
- 3) Отмечены особенности различных видов древесных растений при использовании колориметрического метода, что определяется их физиологическими и биохимическими особенностями.
- 4) Наиболее перспективным для колориметрической оценки окружающей среды являются виды лиственница сибирская, в меньшей степени - береза пушистая, черника обыкновенная и голубика обыкновенная.
- 5) Отмечены наступление более ранних сроков изменения окраски листьев и ускорение динамики изменения колориметрических параметров листьев древесных пород по мере нарастания антропогенного воздействия в порядке от контрольная точка, малые, средние, крупные дороги, раздув, промышленные объекты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Стандарты

1. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 2011-05-20. – М.: Информационный Бюллетень о нормативной, методической и типовой проектной документации. – № 6, 2011 – 69 с.

### Литература

2. Артеменко, А.И., Тикунова, И.В, Малеванный, В.А. Справочное руководство по химии. / А.И. Артеменко, И.В Тикунова, В.А Малеванный. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2003. - 367 с.

3. Ашихмина, Т.Я. Экологический мониторинг. / Т.Я. Ашихмина. - М.: Академический Проект: Альма Матер, 2008. –416 с.

4. Бондарцев, А.С. Шкала цветов. / А.С. Бондарцев. - М.,Л. : издательство АН СССР, 1954. - 27 с.

5. Бояркин, А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы / А.Н. Бояркин // Биохимия. – М., 1951. Т. 16. Вып. 4. - С. 352-355.

6. Воскресенская, О.Л. Физиология растений: учеб. / О.Л. Воскресенская, Н.П. Грошева, Е.А. Скочилова. – Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2008. – 148 с.

7. Гашев, С. Н.. Новые методические подходы к определению цветовых характеристик биологических объектов / С.Н. Гашев // Успехи современного естествознания. - М. : Академия Естествознания, январь-февраль 2003 г. - №1. - С. 23-27;

8. Гашев, С.Н. Фотоколориметрирование шкурок млекопитающих с помощью цветового сканера к IBM PC / С.Н. Гашев // Тез. докл. VI съезда Териологического общества. М.: Наука, 1999. - С. 49.

9. Гвоздецкий, Н. А., Михайлов Н. И. Физическая география СССР. Азиатская часть. : / Н. А. Гвоздецкий, Н. И. Михайлов. – М.: Мысль, 1970. – 543с.

10. Гидранович, В. И. Биохимия / В. И. Гидранович, А. В. Гидранович. – М.: Изд-во «Тетра-Системс», 2010. - 528 с.

11. Зуева, Г.А. Общая фенология (конспект лекций). / Г.А. Зуева. - Елабуга: Изд-во ЕГПИ, 2008. – 54 с.

12. Измеритель освещённости (Люксметр) МЕГЕОН - 21010. Руководство по эксплуатации и паспорт. - М., 2017. - 9 с.
13. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. / Ю.А Израэль. - М.: Гидрометеоздат, 1984. – 560 с.
14. Краткая химическая энциклопедия Т.2/ Кнунянц, И.Л. [и др.]: М., государственное научное издательство «Советская энциклопедия», 1963. – 227 с.
15. Крюкова, К.А. Фенологические наблюдения в России: краткая история развития / К.А Крюкова, А.М. Данченко // Вестник Томского государственного университета.— 2013. — № 377. - С. 192-195.
16. Кожевников Ю. П. Семейство вересковые (Ericaceae) // Жизнь растений. В 6-ти т. Т. 5. Ч. 2. Цветковые растения / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. - М.: Просвещение, 1981. - С. 88-95.
17. Лещук, Н.В. Наукові аспекти застосування шкали біологічних кольорів RHS для ідентифікації сортів рослин / Н.В. Лещук, В.М. Ткаченко, Н.В. Павлюк // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2013. - №3. – С. 57-61.
18. Макунина, А. А. Физическая география СССР : / А. А. Макунина. - М.: Изд-во МГУ, 1985. - 294 с.
19. Малафеев, Ю.М. Эколого-биоклиматический календарь-справочник Южного Ямала / Ю.М. Малафеев. Институт экологии растений и животных УрО РАН, Экологический научно-исследовательский стационар – Салехард: издательство «Красный Север», 2009. – 113 с.
20. Минин, А.А. Фенология Русской равнины: Материалы и обобщения / А.А. Минин; Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН [и др.]. - М.: АБФ/АВФ, 2000. - 158 с.
21. Минин, А.А. Перспективы фенологического мониторинга в России / А.А. Минин // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. XVIII. – С-П.: Гидрометеоздат, 2002. – С. 158-166.
22. Мусатова, О. В. Биоиндикация и биоповреждения: методические рекомендации к лабораторным работам / О. В. Мусатова. – Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2006. – 32 с.
23. Осипенко, Г. Л. Биомониторинг и биоиндикация: практическое руководство / Г. Л. Осипенко. М-во образования РБ; Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 39 с.
24. Памятка для посетителей объектов Надымского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Югорск» – Надым, 2016. – 6с.

25. Попов, П. П. Фотоколориметрическая оценка семян ели / П. П. Попов // Лесоведение. – М., 2005. - №4. – С. 78-80.
26. Пчелкин, А. В. Фотографическая съёмка биологических объектов. Методическое пособие. / А.В. Пчёлкин. — М.: издательство "Экосистема", 1998. - 25 с.
27. Раковская, Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России: Учеб. для студ. пед. выс. Учеб. заведений: В 2 ч. / Э.М. Раковская, М.И. Давыдова – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – Ч.1. – 288с.
28. Репшас, Э.А., Палишкис, Е.Е. Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения // Лесоведение. М.: - Наука, 1983. №1. С. 3-10.
29. Терентьева, Е. Ю. Учебно-методический комплекс дисциплины "Методы феномониторинга" / Е. Ю. Терентьева ; Федер. агентство по образованию, Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького.— Екатеринбург., 2008. – 180 с.
30. Федотова, В.Г. Основы фенологии. Ч. 1. Теоретический курс. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. – 39 с.
31. Шнелле, Ф. Фенология растений / Ф. Шнелле - Л: Гидрометеиздат, 1961. - 259 с.
32. Янцер, О.В. Общая фенология и перспективные направления ее развития / О.В. Янцер // Наука и образование: современные тренды. – 2015. - №3(9). – С. 71-80.
33. Ярошенко, П. Д. Геоботаника. / П. Д. Ярошенко. - М.: Просвещение, 1969. - 200 с.
34. Hudson, I.L., Keatley, M.R. Phenological research. Methods for environmental and climate change analysis / I.L.Hudson, M.R. Keatley. - Springer, 2010. – pp. 525.
35. Noormets, A. Phenology of ecosystem processes: Applications in global change research. / A. Noormets. - New York.: Springer, 2009. - pp. 261;
36. RHS Chart 2015 instruction booklet, 6<sup>th</sup> ed. Royal Horticultural Society, 2015. - pp.6.
37. Schwartz, M.D. Phenology: An Integrative Environmental Science / M.D. Schwartz. – Springer, 2013. - pp.610.

#### Источники

38. Как рассчитать освещённость помещения светодиодными и другими лампами, пример расчёта [Электронный ресурс] / electroadvice.ru. Режим доступа: <http://electroadvice.ru/working/raschyot-osveshhyonnosti-pomeshheniya/> (дата обращения: 12.06.2018).
39. Методы биомониторинга, его возможности [Электронный ресурс] / BioFile.ru. - М., 2011. - Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/22123.html> (дата обращения: 12.06.2018).

40. ФГБУ «Госсорткомиссия» информирует об актуализации оценки сортов цветочно-декоративных растений [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» (ФГБУ «Госсорткомиссия»). Режим доступа: <http://gossort.com/news/654.html> (дата обращения: 12.06.2018).
41. Архив погоды в Надыме [Электронный ресурс] / world-weather.com. Режим доступа: <https://world-weather.ru/archive/russia/nadym/> (дата обращения: 12.06.2018).
42. IOWAVIEW PHENOCAMS [Электронный ресурс]/ Iowaview.org. Режим доступа: <https://www.iowaview.org/iowaview-phenocams/> (дата обращения: 12.06.2018).
43. Kosmala, M. Season Spotter: Using citizen science to validate and scale plant phenology from near-surface remote sensing. / M. Kosmala, , A. Crall, R. Cheng, K. Hufkens, S. Henderson, A.D. Richardson., *Remote Sensing*, 8(9): 726. 2016. – Режим доступа: <http://margaretkosmala.com/wpcontent/uploads/2015/07/Kosmala-et-al-2016-Season-Spotter.pdf> (дата обращения: 04.05.2018).
44. RHS Colour Chart, 6<sup>th</sup> edition [Электронный ресурс]/ Pamalyne.com. Режим доступа: <http://pamalyne.com/article/detail.asp?id=5167/> (дата обращения: 12.06.2018).



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Результаты по шкалам А. С. Бондарцева и RHSC

Точка отбора	Дата	Время	Вид	Доля зеленых листьев, глазомерно,	Обозначение цвета листьев	
					Шкала Бондарцева	А.С. RHSC
1	2	3	4	5	6	7
р1	09.авг	14–12	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
р2	09.авг	14–40	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
р3	09.авг	15–10	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
к	09.авг	15–45	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
р4	09.авг	16–20	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
р5	09.авг	16–40	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
с1	09.авг	9–23	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
с2	09.авг	9–45	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
с3	09.авг	10–13	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
п1	09.авг	10–40	береза	100	e5	143b;

1	2	3	4	5	6	7
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
п2	09.авг	11–13	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
м1	09.авг	11–43	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
м2	09.авг	12–03	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
м3	09.авг	12–15	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
б1	09.авг	12–23	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
с3	11.авг	13–00	береза	100	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3e5	n137a;143b;
			черника	100	e3	n137a;
б2	11.авг	13–30	береза	100	e5	143b;
			лиственница	90	e1	144a;
			голубика	100	e3м4	n137a;n138b;
			черника	100	e3	n137a;
м2	11.авг	14–00	береза	95	e567	143b;12b
			лиственница	95	e1н7	144a;61b
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
м1	11.авг	11–42	береза	95	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	100	e3	n137a;
			черника	100	e3	n137a;
м3	11.авг	14–25	береза	85	e5	143b;
			лиственница	100	e1	144a;
			голубика	90	e3	n137a;
			черника	95	e3	n137a;
п1	11.авг	15–10	береза	90	e5	143b;
			лиственница	90	e1м7	144a;17c;

1	2	3	4	5	6	7
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	95	е3м4	n137a;n138b;
п2	11.авг	15–30	береза	70	е5е7	143b;27b,
			лиственница	70	е1к6	144a;5a
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
с1	11.авг	10–16	береза	85	е5	143b;
			лиственница	80	е1о3	144a;31c;
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
р4	11.авг	17–30	береза	90	е5	143b;
			лиственница	90	е1	144a;
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
с2	11.авг	17–46	береза	100	е5	143b;
			лиственница	100	е1о3	144a;31c;
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
р1	11.авг	16–00	береза	95	е5	143b;
			лиственница	95	е1	144a;
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
р2	11.авг	16–10	береза	100	е5	143b;
			лиственница	80	е1м4	144a;n138b;
			голубика	100	е3м4	n137a;n138b;
			черника	100	е3	n137a;
р3	11.авг	16–20	береза	95	е5	143b;
			лиственница	85	е1н7	144a;61b
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
к	11.авг	16–45	береза	95	е5б3	143b;144d
			лиственница	90	е1м4	144a;n138b;
			голубика	100	е3е5	n137a;143b;
			черника	100	е3	n137a;
б1	11.авг	15–30	береза	100	е5	143b;
			лиственница	100	е1	144a;
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	м4е3	n138b;n137a;
с1	13.авг	17–00	береза	95	е5	143b;
			лиственница	85	е1	144a;
			голубика	100	е3	n137a;
			черника	100	е3м4	n137a;n138b;
с2	13.авг	15–19	береза	80	е5м7	143b;17c;
			лиственница	85	о3е1	31c;144a;
			голубика	85	е3о3	n137a;31c;

1	2	3	4	5	6	7
			черника	85	е3м4	n137a;n138b;
p1	13.авг	15–39	береза	85	е3е7	n137a;27b,
			лиственница	80	е5и2	143b;144c;
			голубика	90	е3м4	n137a;n138b;
			черника	100	е3	n137a;
p2	13.авг	15–51	береза	100	е5	143b;
			лиственница	70	е5и2	143b;144c;
			голубика	70	е3м4и1	n137a;n138b;6c
			черника	70	е3м4	n137a;n138b;
p3	13.авг	16–10	береза	80	е5	143b;
			лиственница	80	е1е7	144a;27b,
			голубика	70	е3о3	n137a;31c;
			черника	70	е3о3	n137a;31c;
к	13.авг	19–00	береза	80	е5м1	143b;n137b
			лиственница	85	е1	144a;
			голубика	90	е3м4	n137a;n138b;
			черника	90	е3м4	n137a;n138b;
p4	13.авг	19–20	береза	90	е5о3	143b;31c;
			лиственница	90	е1и2м4	144a;144c;n138b;
			голубика	90	е3м4и2	n137a;n138b;144c;
			черника	100	е3о3	n137a;31c;
б1	13.авг	19–30	береза	80	е5и2	143b;144c;
			лиственница	80	е1о3м4	144a;31c;n138b;
			голубика	85	е3и1б7	n137a;6c,52c
			черника	100	е3	n137a;
б2	13.авг	13–17	береза	90	е5б5	143b;52c
			лиственница	95	е1м4	144a;n138b;
			голубика	95	е3е1	n137a;144a;
			черника	100	е3	n137a;
м3	13.авг	13–38	береза	100	е5	143b;
			лиственница	95	е1а6	144a;61b
			голубика	95	м4е3	n138b;n137a;
			черника	100	е3	n137a;
м2	13.авг	13–57	береза	95	е5	143b;
			лиственница	95	е1е5	144a;143b;
			голубика	90	е3	n137a;
			черника	100	е3	n137a;
с3	13.авг	14–10	береза	90	е5м4	143b;n138b;
			лиственница	90	е1и1	144a;6c
			голубика	90	е3	n137a;
			черника	100	б7е3	12bn137a;
м1	13.авг	14–28	береза	80	е5м2	143b;n137b
			лиственница	80	е1	144a;
			голубика	85	е3	n137a;
			черника	95	е3б3	n137a;144d

1	2	3	4	5	6	7
п1	13.авг	12–30	береза	70	е5и2и1	143b;144c;6c
			лиственница	80	е1м7	144a;17c;
			голубика	80	е3к6	n137a;5a
			черника	70	е3и5п3	n137a;n137c53a,51a
п2	13.авг	12–45	береза	70	е5е7м7	143b;27b,17c;
			лиственница	70	е1кби2	144a;5a144c;
			голубика	85	е3м7	n137a;17c;
			черника	90	е3м7о3	n137a;17c;31c;
р1	17.авг	19–20	береза	90	е3е7	n137a;27b,
			лиственница	90	е5и2	143b;144c;
			голубика	90	е3м4	n137a;n138b;
			черника	100	е3	n137a;
р2	17.авг	19–40	береза	80	е5	143b;
			лиственница	80	е5и2	143b;144c;
			голубика	85	е3м4и1	n137a;n138b;6c
			черника	95	е3м4	n137a;n138b;
р3	17.авг	20–03	береза	90	е5	143b;
			лиственница	95	е1е7	144a;27b,
			голубика	95	е3о3	n137a;31c;
			черника	100	е3о3	n137a;31c;
к	17.авг	20–27	береза	100	е5м1	143b;n137b,
			лиственница	95	е1	144a;
			голубика	95	е3м4	n137a;n138b;
			черника	100	е3м4	n137a;n138b;
р4	17.авг	20–39	береза	95	е5	143b;
			лиственница	95	е1и2м4	144a;144c;n138b;
			голубика	90	е3м4и2	n137a;n138b;144c;
			черника	100	е3м4	n137a;n138b;
с2	17.авг	20–45	береза	95	е5б3к6	143b;144d5a
			лиственница	95	е1о3	144a;31c;
			голубика	100	е3б4а2	n137a;25a;a2
			черника	100	е5и7е7и5	143b;и727b,n137c
п1	17.авг	11–02	береза	60	е3е5и2б1	е3е5144c;б1
			лиственница	70	е5е3д2и1	143b;n137a;6c
			голубика	70	о3е3	31c;n137a;
			черника	70	м4б8е3	n138b;б8n137a;
п2	17.авг	11–17	береза	70	е3е5и2б2	е3е5144c;n137c,
			лиственница	70	е5е3д2и2	143b;n137a;7с144c;
			голубика	80	о3е3	31c;n137a;
			черника	80	м4о3е3	n138b;31c;n137a;
б2	17.авг	12–02	береза	70	е5б5и2	143b;б5144c;
			лиственница	75	е1о3	144a;31c;
			голубика	90	е3о3	n137a;31c;
			черника	90	е3п4	n137a;53b,
с3	17.авг	12–25	береза	80	е5и1	143b;6c

1	2	3	4	5	6	7
			лиственница	85	e1и1o3	144a;6c31c;
			голубика	90	e3м5	n137a;53a,51a
			черника	90	б7е3o3	12bn137a;31c;
м3	17.авг	12–48	береза	85	e5и2п6	143b;144c;21a,
			лиственница	70	e1и2	144a;144c;
			голубика	90	м4е3п7	n138b;n137a;53b
			черника	90	e3o3п7м4	n137a;31c;53bn138b;
м2	17.авг	13–04	береза	70	e5и2o3	143b;144c;31c;
			лиственница	60	e1e5б4	144a;143b;25a;
			голубика	80	e3п7	n137a;53b
			черника	80	e3п7	n137a;53b
б1	17.авг	13–04	береза	70	e5и2	143b;144c;
			лиственница	60	e1o3м4	144a;31c;n138b;
			голубика	80	e3и1б7	n137a;6c12b
			черника	80	e3o3м4	n137a;31c;n138b;
м1	17.авг	13–28	береза	70	e5м2л3	143b;n137b,л3
			лиственница	65	e1o3и2	144a;31c;144c;
			голубика	80	e3м4д7	n137a;n138b;д7
			черника	80	e3б3м4	n137a;144dn138b;
с1	17.авг	13–48	береза	75	e5и1п3	143b;6c53a,51a
			лиственница	70	e1o3и2	144a;31c;144c;
			голубика	75	e3и2п3	n137a;144c;53a,51a
			черника	75	e3м4и2o3	n137a;n138b;144c;31c;
с2	19.авг	18–12	береза	50	e5б3к6	143b;144d5a
			лиственница	35	e1o3и2	144a;31c;144c;
			голубика	75	e3б4a2	n137a;25a;61b
			черника	75	e5и7е7и5	143b;и727b,n137c
с1	19.авг	18–19	береза	60	e5и1п3	143b;6c53a,51a
			лиственница	70	e1o3и2	144a;31c;144c;
			голубика	70	e3и2п3	n137a;144c;53a,51a
			черника	70	e3м4и2o3	n137a;n138b;144c;31c;
р1	19.авг	18–25	береза	60	e3е7и1	n137a;27b,6c
			лиственница	75	e5и2и1o3	143b;144c;6c31c;
			голубика	80	e3м4ж2o3	n137a;n138b;117a,31c;
			черника	80	e3б4o3	n137a;25a;31c;
р2	19.авг	18–40	береза	55	e5и2o3	143b;144c;31c;
			лиственница	70	e5и2	143b;144c;
			голубика	75	и2м4е3	144c;n138b;n137a;
			черника	75	e3е5и2	n137a;143b;144c;
р3	19.авг	18–55	береза	60	e5и2и1	143b;144c;6c
			лиственница	60	e1o3ж1	144a;31c;ж1
			голубика	70	б8е3ж2	68n137a;117a,
			черника	70	e3м4ж2	n137a;n138b;117a,
к	19.авг	19–25	береза	80	e5и2и1	143b;144c;6c
			лиственница	75	e1и5е5	144a;n137c143b;

1	2	3	4	5	6	7
			голубика	75	м4е3	n138b;n137a;
			черника	75	и5е3е5	n137cn137a;143b;
р4	19.авг	19–40	береза	80	е5е3и3б4	143b;n137a;144c;25a;
			лиственница	80	е1и2м4	144a;144c;n138b;
			голубика	80	е3м4и2	n137a;n138b;144c;
			черника	80	е3м4	n137a;n138b;
м1	19.авг	20–03	береза	75	е5м2л3и2	143b;n137b,л3144c;
			лиственница	80	е1о3и2	144a;31c;144c;
			голубика	80	е3м4д7	n137a;n138b;д7
			черника	80	е3б3м4	n137a;144dn138b;
П1	19.авг	11–30	береза	50	е3е5и2б1	е3е5144c;б1
			лиственница	45	е5е3д2и1	143b;n137a;7с6с
			голубика	55	о3е3	31c;n137a;
			черника	60	м4б8е3	n138b;б8n137a;
п2	19.авг	11–57	береза	45	е3е5и2б2о6	144c;143b;n137a
			лиственница	50	е5е3д2и2	143b;n137a;7с144c;
			голубика	60	о3е3б4	31c;n137a;25a;
			черника	55	м4о3е3б4	n138b;31c;n137a;25a;
м3	19.авг	12–51	береза	55	е5и2п6	143b;144c;
			лиственница	55	е1и2	144a;144c;
			голубика	75	м4е3п7	n138b;n137a;53b
			черника	60	е3о3п7м4	n137a;31c;53bn138b;
с3	19.авг	13–03	береза	70	е5и1	143b;6с
			лиственница	70	е1и1о3	144a;6с31c;
			голубика	55	е3м5	n137a;53a,51a
			черника	60	б7е3о3	12bn137a;31c;
м2	19.авг	13–18	береза	50	е5и2о3	143b;144c;31c;
			лиственница	55	е1е5б4	144a;143b;25a;
			голубика	65	е3п7б4	n137a;53b25a;
			черника	65	е3п7б4	n137a;53b25a;
б1	19.авг	14–00	береза	45	е5и2о3б4	143b;144c;31c;25a;
			лиственница	50	е1о3м4	144a;31c;n138b;
			голубика	65	е3и1б7	n137a;6с
			черника	65	е3о3м4б4	n137a;31c;n138b;25a;
б2	19.авг	14–28	береза	50	е5б5и2б3о3	143b;б5144c;144д31c;
			лиственница	45	е1о3б4	144a;31c;25a;
			голубика	60	е3о3б4	n137a;31c;25a;
			черника	60	е3п4б4	n137a;53b,25a;
м2	22.авг	14–40	береза	50	е5и2о3	143b;144c;31c;
			лиственница	55	е1е5б4	144a;143b;25a;
			голубика	65	е3п7б4	n137a;53b25a;
			черника	65	е3п7б4	n137a;53b25a;
с2	22.авг	15–58	береза	40	е5б3к6	143b;144д5a
			лиственница	35	е1о3и2	144a;31c;144c;
			голубика	60	е3б4а2	n137a;25a;а2

1	2	3	4	5	6	7
			черника	65	е5и7е7и5	143б;и727б,н137с
с1	22.авг	16–50	береза	30	е5и1п3	143б;6с53а,51а
			лиственница	40	е1о3и2	144а;31с;144с;
			голубика	35	е3и2п3	н137а;144с;53а,51а
			черника	45	е3м4и2о3	н137а;н138б;144с;31с;
к	22.авг	17–10	береза	65	е5и2и1	143б;144с;6с
			лиственница	70	е1и5е5	144а;н137с143б;
			голубика	60	м4е3	н138б;н137а;
			черника	60	и5е3е5	н137сн137а;143б;
п1	22.авг	13–50	береза	30	е3е5и2б1	е3е5144с;б1
			лиственница	40	е5е3д2и1	143б;н137а;6с
			голубика	45	о3е3	31с;н137а;
			черника	50	м4б8е3	н138б;б8н137а;
п2	22.авг	14–19	береза	45	е3е5и2б2о6	е3е5144с;н137с,22с,
			лиственница	55	е5е3д2и2	143б;н137а;7с144с;
			голубика	50	о3е3б4	31с;н137а;25а;
			черника	55	м4о3е3б4	н138б;31с;н137а;25а;
б2	22.авг	15–03	береза	35	е5б5и2б3о3	143б;б5144с;144д31с;
			лиственница	45	е1о3б4	144а;31с;25а;
			голубика	25	е3о3б4	н137а;31с;25а;
			черника	30	е3п4б4	н137а;53б,25а;
с3	22.авг	15–26	береза	40	е5и1	143б;6с
			лиственница	45	е1и1о3	144а;6с31с;
			голубика	45	е3м5б4	н137а;53а,51а25а;
			черника	50	б7е3о3	12бн137а;31с;
м1	22.авг	15–47	береза	50	е5м2л3и2	143б;144с;51а25а;
			лиственница	45	е1о3и2	144а;31с;144с;
			голубика	60	е3м4д7	н137а;н138б;
			черника	60	е3б3м4	н137а;144дн138б;
м3	22.авг	16–17	береза	45	е5и2пб	143б;144с;
			лиственница	55	е1и2о3б4	144а;144с;31с;25а;
			голубика	50	м4е3п7	н138б;н137а;53б
			черника	55	е3о3п7м4	н137а;31с;53бн138б;
б1	22.авг	16–45	береза	45	е5и2о3б4	143б;144с;31с;25а;
			лиственница	45	е1о3м4	144а;31с;н138б;
			голубика	60	е3и1б7	н137а;6с
			черника	60	е3о3м4б4	н137а;31с;н138б;25а;
р1	22.авг	17–20	береза	65	е3е7и1	н137а;27б,6с
			лиственница	60	е5и2и1о3	143б;144с;6с31с;
			голубика	55	е3м4ж2о3	н137а;н138б;117а,31с;
			черника	60	е3б4о3	н137а;25а;31с;
р2	22.авг	17–37	береза	50	е5и2о3	143б;144с;31с;
			лиственница	55	е5и2б4о3	143б;144с;25а;31с;
			голубика	65	и2м4е3	144с;н138б;н137а;
			черника	65	е3е5и2	н137а;143б;144с;



1	2	3	4	5	6	7
p3	22.авг	17–55	береза	45	e5и2и1	143b;144c;6c
			лиственница	50	e1o3ж1	144a;31c;
			голубика	65	б8e3ж2	б8n137a;117a,
			черника	65	e3м4ж2	n137a;n138b;117a,
p4	22.авг	18–10	береза	40	e5e3и3б4	143b;n137a;144c;25a;
			лиственница	30	e1и2м4	144a;144c;n138b;
			голубика	45	e3м4и2	n137a;n138b;144c;
			черника	45	e3м4o3б4	n137a;n138b;31c;25a;

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Точки стационарных наблюдений

№	Объект	Координаты (с.ш., в.д.)	Рельеф	Тип ассоциации	Стадии дигрессии	Примечания
1	2	3	4	5	6	7
Малые дороги						
1	M1	65°20'10.8", 72°57'7 "	Ровная местность	голубично-березово- лиственничная	2	–
2	M2	65° 20'14.2'', 72° 59'26.7''	Ровная местность	голубично-березово- лиственничная	2	–
3	M3	65° 03'13.3'', 73° 00'20.08''	Понижение около дороги	голубично- лиственнично- березовая	2	–
Средние дороги						
4	C1	65° 21'06.1'', 72° 56'11.8''	Ровная местность	мохово- голубично- березово- лиственничная	2	Мусор и вытаптывание
5	C2	65° 21'24.1'', 72° 21'24.1''	Ровная местность	мохово- голубично- березово- лиственничная	1	–
6	C3	65° 20'25.4", 72° 58'59''	Ровная местность	мохово- голубично- березово- лиственничная	2	Запыление, мусор
Большие дороги						
7	B1	65°20'34.40", 72°57'51.06"	Ровная местность	голубично-березово- лиственничная	2	–

1	2	3	4	5	6	7
8	Б2	65°19'59.50", 73°0'59.27"	Ровная местность ь	голубично-лиственнично-березовая	2	–
Раздв						
10	Р1	65° 21'57.2'', 72° 57'12''	Ровная местность	мохово-голубично-кедрово-березовая	2	–
11	Р2	65° 21'52.8'', 72° 58'12''	Около склона	голубично-лиственнично-березовая	2	Наличие песка
12	Р3	65° 21' 17.3'', 72° 58'45.2''	Понижение около склона	голубично-березовая	1	–
13	Р4	65° 20'53.6'', 72° 58'2.5''	Около склона	мохово-голубично-осиново-кедровая	1	–
Котельная станция						
13	П1	65° 19'19.3'', 73° 02'11.6''	Ровная местность	голубично-березово-кедровая	3	Суховершинность
14	П2	65° 19' 19.9'', 73° 00'15.2''	Ровная местность	голубично-березово-кедровая	2	Отсыхание части деревьев(листв.)
Контрольная точка						
15	К	65° 21'00.2'', 72° 58'45.2''	Ровная местность	мохово-голубично-осиново-кедровая	1	–

Выпускная квалификационная работа(магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них. Материалов, содержащих информацию ограниченного доступа, не содержится.

Отпечатано в 1 экземплярах

Библиография содержит 44 наименований (я)

На кафедру сдан 1 экземпляр (ов)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

(дата)

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)