

	Дистанционный этап краевого молодежного форума «Научно-технический потенциал Сибири»
Название номинации	«Научный конвент», Секция «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»
Полное название темы работы	Сравнительный анализ содержания эфирных масел в древесной зелени сосны обыкновенной и кедра сибирского, произрастающих в разных абиотических условиях (влажность) в окрестностях д.Тагара (Нижнее Приангарье).
Фамилия имя авторов	Долганова Татьяна Павловна
Территория	Красноярский край, Кежемский район, д.Тагара
Место учебы	Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение «Тагарская средняя общеобразовательная школа»
Класс	11
Научный руководитель	Тазьмина Анастасия Владимировна МКОУ « Тагарская СОШ» учитель химии и биологии 89134463240
Научный консультант	Безрукова Наталья Петровна, профессор кафедры информационных технологий обучения и математики, доктор педагогических наук, кандидат химических наук
e-mail контактный телефон	89831503258 tanya.dolganova.00@mail.ru,

Тезисы

Интерес к эфирным маслам как лечебным средствам основан на их биологической активности. Они используются для лечения верхних дыхательных путей, обладают выраженным спазмолитическим действием и дают седативный эффект, проявляют противовоспалительное и ранозаживляющее действие [1].

Известно, что природно-климатические факторы существенным образом сказываются на накоплении эфирных масел в древесной зелени хвойных деревьев [1]. По Восточному лесозональному району Красноярского края недостаточно сведений о содержании эфирных масел в деревьях, произрастающих в разных абиотических условиях. В контексте необходимости реализации комплексной переработки добываемой в Приангарье древесины для обоснованного представления о ресурсных возможностях сырья региона представлялось целесообразным провести исследования по содержанию эфирных масел в кедровых и сосновых лапках, поскольку эти показатели в разных районах Сибири существенно различаются вследствие различных природно-климатических условий. Этим определяется *актуальность* темы нашей работы «Сравнительный анализ содержания эфирных масел в древесной зелени сосны обыкновенной и кедра сибирского, произрастающих в разных абиотических условиях (влажность) в окрестностях д.Тагара (Нижнее Приангарье)».

Цель работы: выявить, из древесной зелени какой породы хвойного дерева можно получить больше эфирного масла, учитывая такое абиотическое условие, как влажность.

Методы исследования: теоретические: анализ, синтез, работа с научной литературой по теме исследования, экспериментальные: перегонка с водяным паром (дистилляция), методы статистической обработки результатов.

Основные результаты исследования: Анализ содержания эфирных масел в древесной зелени (ДЗ) показал, что при дистилляции в течение 5 час из 100 г ДЗ кедра сибирского и ДЗ сосны обыкновенной, произрастающих возле реки Ангары, в условиях повышенной влажности, можно получить 0,19 г и 0,11 г эфирного масла, соответственно. Тогда как соответствующие значения для кедра сибирского и сосны обыкновенной, произрастающих в 10-13 км от берега реки Ангары, составляют 0,15 г и 0,08 г. Таким образом, в пересчете на 1 т ДЗ кедра сибирского и сосны обыкновенной, произрастающих в условиях повышенной влажности, можно получить, соответственно, на 500 мл и 400 мл больше по сравнению с кедром и сосной, произрастающими вдали от реки.

Список литературы

1. Ефремов Е.А. Компонентный состав эфирных масел хвойных растений Сибири / А.А.Ефремов, И.Д.Зыкова. – Красноярск: Сиб. федер.ун-т,2013.–132с.

ВВЕДЕНИЕ

Красноярский край на данный момент является одним из наиболее лесных регионов РФ, однако, этот потенциал до сих пор используется не на должном уровне. Анализ [4, 9] породного состава лесов Сибири показывает, что на ее территории расположено до 80 % мировых запасов сосны сибирской. Важнейшей задачей современной лесной промышленности является максимально полное потребление всей добываемой древесной биомассы [8]. Древесная зелень является ценным источником биологически активных и энергетических веществ, эфирных масел. Приангарье – один из районов Красноярского края, где наиболее интенсивно ведется заготовка древесины, поэтому эколого-экономическая оценка переработки древесных ресурсов необходима в первую очередь.

Природно-климатические факторы существенным образом сказываются на накоплении эфирных масел в древесной зелени хвойных деревьев [8, 10]. По восточному лесозональному району Красноярского края недостаточно сведений о содержании эфирных масел в деревьях, произрастающих в разных абиотических условиях. В контексте необходимости реализации комплексной переработки добываемой в Приангарье древесины для обоснованного представления о ресурсных возможностях сырья региона необходимы исследования по содержанию эфирных масел в кедровых и сосновых лапках, поскольку эти показатели в разных районах Сибири существенно различаются, из-за различия природно-климатических условий [3, 4, 6, 7]. В качестве объектов исследования в работе выбраны кедр сибирский (*Pinus Sibirica*) и сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris*), они занимают большую часть территории Нижнего Приангарья, и, главным образом, из них остается непереработанной древесная лапка в ООО «Приангарский ЛПК». Этим определяется *актуальность* темы нашей работы «Сравнительный анализ содержания эфирных масел в древесной зелени сосны обыкновенной и кедра сибирского, произрастающих в разных абиотических условиях (влажность) в окрестностях д. Тагара (Нижнее Приангарье)».

Цель исследования: выявить, из древесной зелени какой породы хвойного дерева можно получить больше эфирного масла, учитывая такое абиотическое условие, как влажность.

Объект исследования: сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris*) и кедр сибирский (*Pinus Sibirica*), произрастающие на разном расстоянии от реки Ангара.

Предмет исследования: содержание эфирных масел в древесной зелени сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*) и кедра сибирского (*Pinus Sibirica*), произрастающих на разном расстоянии от реки Ангара.

Гипотеза: предположим, что повышенная влажность благоприятно сказывается на накоплении эфирных масел в древесной зелени хвойных деревьев, и из кедра сибирского (*Pinus*

Sibirica) и сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*), произрастающих возле воды, можно получить больше эфирных масел, чем из древесной зелени этих же деревьев, произрастающих вдали от реки Ангары.

Методы исследования: теоретические (работа с информационными источниками по теме исследования), общелогические методы (анализ, синтез, сравнение, обобщение), физико-химические: перегонка с водяным паром (дистилляция), методы статистической обработки результатов.

Задачи исследования:

1. Провести анализ литературы для выяснения степени изученности состава и содержания эфирных масел в древесной зелени хвойных пород деревьев, произрастающих на территории Красноярского края и Нижнего Приангарья, в частности.
2. На основе анализа методов получения эфирных масел из растительного сырья выбрать метод, который можно использовать в школьном химическом кабинете
3. Собрать материал разных пород хвойных деревьев, произрастающих на разном расстоянии от воды, (сосны обыкновенной и кедра сибирского) – древесные лапки, экспериментально получить эфирное масло из собранных образцов.
4. Сравнить содержание эфирных масел полученных образцов хвойных пород деревьев в зависимости от удаленности от воды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

I. Теоретическая часть

1.1. Понятие, классификация и химический состав эфирных масел

Эфирные масла - летучие ароматные жидкости сложного химического состава, главными компонентами которых являются терпеноиды. Эфирные масла по внешним свойствам похожи на жирные, хотя по химическому составу ничего общего с ними не имеют. Эфирными они названы из-за своей летучести и наличия приятного запаха. Эфирные масла обычно классифицируют по их летучести. Сильнолетучие (молекулы с небольшой молекулярной массой) эфирные масла сохраняют запах на 24 часа (базилик, грейпфрут, лимон, эвкалипт, лайм настоящий). Как правило, они возбуждают и поднимают настроение. Среднелетучие эфирные масла сохраняют аромат два-три дня (ромашка, герань, лаванда). Обычно они тонизируют и благотворно воздействуют на процессы метаболизма и системы органов тела. Слаболетучие (молекулы с большой молекулярной массой) эфирные масла сохраняют аромат не меньше недели (ладан, мирра, нероли, пачули, ветиверт), они обычно расслабляют и успокаивают [1].

В составе масел могут присутствовать органические соединения различных классов: терпены, спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, фенолы и др. В таблице 1 приведены данные о воздействии компонентов эфирных масел на человеческий организм [5].

Таблица 1 – Воздействие компонентов эфирных масел на организм человека

№	Вещества	Действие на человеческий организм
1.	Терпены	антисептическое, обезболивающее, общестимулирующее, гипотензивное и релаксирующее
2.	Спирты	антибактериальное, противомикробное, тонизирующее сердечно сосудистую и нервную систему, согревающее и стимулирующее иммунитет
3	Альдегиды	противовирусная активность, гипотензивное, жаропонижающее, сосудорасширяющее и успокаивающее
4	Фурукумарины и лактоны	противоопухолевое, муколитическое и антикоагулирующее
5	Феноловые эфиры	антиспазматическое и общестимулирующее
6	Эфиры	седативное и спазмолитическое
7	Кетоны	обезболивающее, заживляющее, липолитическое
8	Фенолы	иммуномодулятивное, диуретическое, муколитическое и антидепрессивное

1.2. Компонентный состав древесной зелени. Химический состав и фармакологические свойства эфирных масел, содержащихся в биомассе хвойных пород деревьев, произрастающих в Красноярском крае

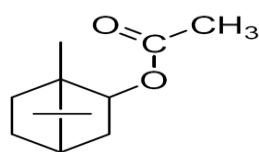
Древесная зелень (ДЗ) - это смесь хвои, коры ветвей и побегов древесины. Она представляет собой покрытые хвоей ветви диаметром 8мм, заготовленные со свежесрубленных деревьев (ГОСТ 21769-86). Механический состав ДЗ зависит от породы дерева, однако, независимо от породы, она на 65-80% представлена хвоей; на долю коры приходится 10-13%.

Большой научно-практический интерес представляет изучение компонентного состава эфирных масел ДЗ растущих деревьев. Эфирные масла обладают высокими бактерицидными свойствами, играют важную роль в очищении воздуха от болезнетворных микроорганизмов, в охране здоровья человека.

Эфирные масла сосны изучали многие исследователи, в том числе Г.В. Пигулевский [4], Б.Н.Рутовский [4], Ф.Т.Солодский, И.И. Бардышев. Основным компонентом эфирных масел кедра сибирского является борнилацетат (рис.1). Так же в него входит камфора, терпинолен, мирцен, сабинен, цинеол, лауриновая, капроновая и олеиновая кислоты, д-альфапинен, бета пинен. При этом в эфирных маслах кедра сибирского содержится до 90% монотерпеновых углеводородов от суммарного количества всех углеводородов. Содержание эфирных масел древес-

ной зелени кедр сибирского из образцов, собранных в сентябре, варьируется от 1,18-2,14% к абсолютно сухой массе [4].

Основную часть соснового масла составляют монотерпеновые углеводороды, среди которых всеми исследователями обнаружены: α -пинен, трициклен, камфен, β -пинен, β -мирцен, лимонен, дипентен, п-цимол, п-цимол, β -фелландрен, борнилацетат; кардинен и другие сесквитерпены, борнилоцетата, кадинена; смолы, крахмала, дубильных веществ, горького вещества (пинициикрина). Содержание эфирных масел ДЗ сосны обыкновенной из образцов, собранных в сентябре, варьирует от 0,54%-1,20% к абсолютно сухой массе [4].



Борнилацетат

Рис 1. – Структурная формула борнилацетата

В таблице 2 приведены фармакологические свойства эфирных масел кедр сибирского и сосны обыкновенной 9].

Таблица 2 - Фармакологические свойства эфирных масел

Название хвойного дерева	Применение эфирных масел, полученных из ДЗ хвойного дерева
Кедр сибирский	Препараты из эфирных масел кедр обладают антимикробным, бактерицидным, противовоспалительным, мочегонным, отхаркивающим, противоастматическим, кровоочистительным, ранозаживляющим, успокаивающим, противоязвенным свойствами. Они способствуют укреплению нервной, иммунной, сердечно-сосудистой систем человека.
Сосна обыкновенная	Масло сосны прекрасно очищает и дезинфицирует воздух в помещениях, ликвидирует запах никотина

1.3. Методы извлечения эфирных масел из растительного сырья

Существует несколько способов извлечения эфирных масел из растительного сырья [5, 8, 10], наиболее часто используемые из которых, приведены ниже.

Дистилляция (перегонка эфирного масла с водой) основана на физическом законе парциального давления Дальтона - Ренье, в соответствии с которым несмешивающиеся жидкости при нагревании закипают вместе при температуре ниже температуры кипения каждой жидкости в отдельности, и на свойствах эфирного масла: летучести и очень малой растворимости в воде. Это достаточно экономичный способ. Практическое применение находит в ароматерапии толь-

ко первая дистилляция, так как вода насыщается ароматическим веществом и ее также можно использовать в лечебных, косметических и других целях.

Отжим (только для цитрусовых) – метод основан на выдавливании масла при помощи комбайнов.

Извлечение из растворов абсолюта (только для цветков и листьев)-получение абсолюта дорогостоящий метод, так как используется гексан, бензин, спирт.

Мацерация (от лат. масего-размягчаю)- экстракция пахучих веществ растительными маслами или расплавленными жирами при обычной или повышенной (50-70⁰С) температуре.

Анфлерж (извлечение ароматических веществ из цветов)- цветы накладываются на слой жира, который вытягивает эфирные масла. **Извлечение с помощью оксида углерода** - дорогостоящего оборудования. **Гидродиффузия** - рассеянная струя пара пропускается сверху вниз через растительный материал, положенный на решетку. Затем полученную жидкость охлаждают.

Однако, строго говоря, эфирными маслами можно назвать те, которые получены дистилляцией (перегонкой) или отжимом. Таким образом, для извлечения эфирных масел в школьной лаборатории наиболее приемлем метод дистилляции – отгонки с водяным паром.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Методики подготовки образцов и извлечения эфирных масел из лапок кедра сибирского и сосны обыкновенной

Для проведения исследований исходное сырье собирали на территории в пределах 10-13 км от населенного пункта д.Тагара, и возле реки Ангара в январе 2017 г. с 10 деревьев, собранный материал измельчали и усредняли (по каждой породе отдельно и с учетом расположения относительно реки Ангары) перемешиванием.



Рис.1. Район лесозаготовок Приангарского Лесопромышленного Комплекса (ПЛПК) и место сбора лапника кедра сибирского и сосны обыкновенной

Для отгонки эфирных масел использовали навески ДЗ массой 100 г.

Для исследования содержания эфирных масел в отобранных пробах, нами был собран аппарат (рис.2) для получения эфирных масел методом перегонки с водяным паром [2].



Рис.2. Перегонный (дистилляционный) аппарат с водяным паром и делительная воронка

Колбу на 0,5 л закрыли резиновой пробкой с двумя отверстиями. В одно из них вставляли оттянутую на конце стеклянную трубку, которая доходит почти до дна колбы. Эта трубка служит предохранительным клапаном. Она была достаточно длинной (около 1 м). Через другое отверстие вводили короткое колено изогнутой трубки с внутренним диаметром 5 мм. Расстояние между колбами было достаточно короткое. К свободному концу тройника присоединили кусочек резинового шланга с укрепленным на нем зажимом. Это позволило во время опыта быстро разъединять или соединять обе колбы. Более длинное колено той же трубки вставили через отверстие в пробке во вторую колбу, так чтобы трубка тоже доходила там почти до дна. Кроме того, с помощью стеклянной трубки соединили вторую колбу с прямым холодильником (Либиха). В качестве приемника использовали делительную воронку.

Процесс дистилляции по каждой навеске ДЗ проводили в течение 5 часов. Объем извлеченного эфирного масла измеряли с помощью одноразовых шприцов для инсулиновых инъекций на 1 мл (марка U 100).

Содержание эфирного масла в объемно-весовых процентах (X) в пересчете на абсолютно сухое сырье вычисляли по формуле [4]:

$$X = \frac{V \cdot \rho \cdot 100}{m(100 - W)}, \quad (1)$$

где V – объем эфирного масла в мл; m – масса сырья в г; W – потеря в массе при высушивании сырья в процентах. При этом, поскольку дистилляция велась из свежей ДЗ, при пересчете содержания эфирного масла в навеске на абсолютно сухое вещество, на основании литературных данных процентное содержание воды в ДЗ кедрового сосны обыкновенной принимали равным 57% и 45%, соответственно [4].

Для оценки точности и надёжности результатов аналитических определений использовались методы статистической обработки результатов и вычислялись следующие величины: среднее арифметическое X , среднеквадратичная ошибка S , и ошибка среднего результата (Приложение 1).

2.2. Результаты и обсуждение

Полученные нами экспериментальные результаты извлечения эфирных масел отгонкой с водяным паром из ДЗ кедра сибирского и сосны обыкновенной, произрастающих в окрестностях д. Тагара, представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Объемы эфирного масла, полученные из ДЗ кедра сибирского и сосны обыкновенной в результате трех параллельных опытов (Исходная масса навески ДЗ – 100 г)

Наименование породы дерева	Опыты 1-й параллели	Опыты 2-й параллели	Опыты 3-й параллели
Кедр сибирский	0,19	0,14	0,17
Сосна обыкновенная	0,08	0,12	0,07
Кедр сибирский (возле реки)	0,23	0,18	0,25
Сосна обыкновенная (возле реки)	0,11	0,15	0,13

Необходимые для расчетов данные по плотности эфирного масла взяты из [4]. С их использованием в табл. 4 приведены результаты расчетов массы извлеченного эфирного масла, а также выход в пересчете на сухое вещество, в % (формула 1).

Таблица 4 – Результаты расчетов массы извлеченного эфирного масла и выхода в пересчете на абсолютно сухое вещество, в %

Наименование породы дерева	Объем, мл	Плотность, г/см ³	Масса эфирного масла, г	Выход, в пересчете на абсолютно сухое сырье, в %
Кедр сибирский	0,19	0,864	0,16	0,37
	0,14		0,12	0,28
	0,17		0,15	0,40
Кедр сибирский (возле реки)	0,23	0,864	0,20	0,47
	0,18		0,16	0,37
	0,25		0,22	0,51
Сосна обыкновенная	0,08	0,877	0,07	0,13
	0,12		0,11	0,20
	0,07		0,06	0,11
Сосна обыкновенная (возле реки)	0,11	0,877	0,10	0,18
	0,15		0,13	0,24
	0,13		0,11	0,20

Статистическая обработка полученных результатов приведена в Приложении 1, результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5 - Содержание эфирного масла в древесной зелени кедра сибирского (*Pinus Sibirica*) и сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*) в зависимости такого абиотического условия, как влажность, с учетом ошибки среднего значения при $\alpha = 0,95$

Наименование породы дерева	Масса исходного сырья, г	Объем эфирного масла, мл	Масса эфирного масла, г	Выход в пересчете на абсолютно сухое сырье, в %
Кедр сибирский	100	0,17±0,06	0,15	0,35±0,15
Кедр сибирский (возле реки)	100	0,22±0,13	0,19	0,45±0,18
Сосна обыкновенная	100	0,09±0,07	0,08	0,15±0,12
Сосна обыкновенная (возле реки)	100	0,13±0,07	0,11	0,21±0,08

Из сравнения полученных нами данных с литературными [4], полученными для других районов Красноярского края, следует, что в целом мы получили существенно меньшие значения объема извлеченного эфирного масла, а также выхода в пересчете на сухое сырье. Основной причиной, по-видимому, является то, что для полного извлечения эфирных масел из ДЗ хвойных пород деревьев необходимо проводить отгон в течение 20 - 24 часов [4], что невозможно в условиях школьного химического кабинета. Однако, как следует из табл. 5, такое абиотическое условие, как влажность, существенно сказывается на содержании витамина С в хвое. Результаты сравнительного анализа показывают, что ДЗ и кедра сибирского, и сосны обыкновенной, произрастающих возле реки, содержит больше эфирных масел, чем соответствующие породы хвойных деревьев, произрастающие вдали от нее. Так, при отгоне в течение 5 часов в пересчете на 1 кг и на 1 т можно получить:

- из ДЗ кедра сибирского, произрастающего вдали от реки Ангары, 1, 5 г и 1кг 500 г (1,7л) эфирного масла, соответственно, тогда как для кедра, произрастающего в более влажных условиях, эти значения равны 1,9 г и 1кг 900 г (2,2 л), то есть в пересчете на тонну исходного сырья – на 500 мл больше;

- из ДЗ сосны обыкновенной, произрастающей вдали от реки Ангары, 0, 8 г и 800 г (0,9 л) эфирного масла, соответственно, тогда как для сосны, произрастающей на берегу реки Ангары, эти значения равны 1,1 г и 1кг 100 г (1,3 л), то есть в пересчете на тонну исходного сырья – на 400 мл больше.

Таким образом, наша гипотеза подтвердилась.

Выводы

1. На основании анализа литературных источников выявлено, что эфирные масла - летучие ароматные жидкости сложного химического состава, главными компонентами которых являются терпеноиды. Основное вещество эфирных масел хвойных деревьев - бронилацетат. По данным ряда исследователей содержание эфирных масел в древесной зелени кедра сибирского выше по сравнению с сосной обыкновенной. Однако данных о влиянии такого абиотического фактора, как влажность, на накопление эфирных масел в древесной зелени хвойных деревьев, произрастающих в Нижнем Приангарье, не найдено.

2. Проведен анализ методов получения эфирных масел из растительного сырья и сделан вывод, что наиболее приемлемым методом получения эфирных масел в условиях школьной лаборатории является перегонка с водяным паром (дистилляция). На основании изучения чертежей перегонных установок в школьной лаборатории был собран прибор для дистилляции.

3. С учетом Для исследования .Был собраны лапки материал разных пород хвойных деревьев, произрастающих на разном расстоянии от воды, (сосны обыкновенной и кедра сибирского) – древесные лапки, экспериментально по-лучить эфирное масло из собранных образцов.

4. Экспериментальным путем установлено, что кедр сибирский и сосна обыкновенная, произрастающие возле реки Ангары, содержат эфирного масла больше, деревья этих же пород, растущих вдали от нее. Так, при отгоне в течение 5 часов в пересчете на 1 кг и на 1 т можно получить:

- из ДЗ кедра сибирского, произрастающего вдали от реки Ангары, 1, 5 г и 1кг 500 г (1,7л) эфирного масла, соответственно, тогда как для кедра, произрастающего в более влажных условиях, эти значения равны 1,9 г и 1кг 900 г (2,2 л), то есть в пересчете на тонну исходного сырья – на 500 мл больше;

- из ДЗ сосны обыкновенной, произрастающей вдали от реки Ангары, 0, 8 г и 800 г (0,9 л) эфирного масла, соответственно, тогда как для сосны, произрастающей на берегу реки Ангары, эти значения равны 1,1 г и 1кг 100 г (1,3 л), то есть в пересчете на тонну исходного сырья – на 400 мл больше.

Таким образом, наша гипотеза подтвердилась: влажность благоприятно влияет на содержание эфирных масел в древесной зелени кедра сибирского и сосны обыкновенной, произрастающих в Нижнем Приангарье. В перспективе можно провести сравнительный анализ другой породы хвойных деревьев, например, лиственницы на содержание эфирных масел с целью выявления породы дерева более богатой по содержанию эфирного масла, а также исследовать влияние других абиотических факторов на накопление эфирных масел в древесной зелени хвойных деревьев, произрастающих в Нижнем Приангарье.

Список информационных источников

1. Войткевич, С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии, 1999. - С.45-46.
2. Гроссе, Э., Вайсмантель, Х. Химия для любознательных. Основы химии и занимательные опыты. 2-е русское изд. - Л.:Химия, 1985—Лейпциг, 1974.
3. Ефремов, Е.А. Компонентный состав эфирного масла зимней лапки пихты сибирской Красноярского края / Ефремов Е.А., Ефремов А.А. // Химия растительного сырья.-2012.- №4.- С. 113–117.
4. Ефремов Е.А. Компонентный состав эфирных масел хвойных растений Сибири / А.А.Ефремов, И.Д.Зыкова. - Красноярск: Сиб.федер.ун-т, 2013.-132с.
5. Карагаева, М. Н., Нугуман, Хамит. Перспектива использования эфирных масел эфирноносных растений Павлодарской области. - Павлодар. – 2014.
6. Лобанов В.В., Степень Р.А. Древесная зелень – источник ценной продукции: Монография.-Красноярск: СибГТУ, 2004. – 68 с.
7. Медведев, С.О. Отдельные аспекты исследования потребления ресурсов древесной зелени Пихты / Медведев С.О. //Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2010.- №27.-с 50-52 .
8. Сайт «Lesonline» (Лесная промышленность) в Красноярском крае есть потенциал для эффективного развития ЛПК. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lesonline.ru/n/4F6AB>
9. Томберг Н.В., Вольхина Е. Ю. Содержание и состав эфирных масел хвойных растений Сибири/ Томберг Н.В., Вольхина Е. Ю.// Сборник лучших исследовательских работ.- 2014.- № 4.
10. Черкушин Н.В. Фракционный состав эфирного масла сосны обыкновенной / Н.В. Черкушин, Т.В. Невзорова, А.А. Ефремов // Химия растительного сырья.-2008.- №2.- С. 87–90.

Статистическая обработка результатов анализа

Для оценки точности и надёжности результатов аналитических определений использовались методы статистической обработки результатов и вычислялись следующие величины: среднее арифметическое \bar{X} , средняя квадратичная ошибка S , коэффициент нормирования отклонений t_α и доверительный интервал Σ_α по формулам:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

где n – число измерений, X_i – отдельное единичное измерение.

$$S = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1},$$

где X_i – единичное значение измерения, \bar{X} – среднее из всех, n – число всех измерений,

$(n - 1)$ или R – число степеней свободы.

Среднеквадратичная ошибка S и коэффициент нормирования отклонений t_α характеризует воспроизводимость метода. Чем меньше S , тем более воспроизводима аналитическая методика. Численное значение коэффициента нормирования отклонений t_p выбрано для уровня доверительной вероятности $p = 0,95$. Доверительной вероятностью и надёжностью называют долю случаев, в которых среднее арифметическое лежит в определённых пределах. Таким образом, наиболее вероятное значение искомой величины, $a = \bar{X} \pm \Sigma_\alpha$. Для получения истинных, надёжных результатов анализа отдельные измерения не должны отличаться друг от друга больше чем на величину, равную $\delta \cdot 2$. Эта величина является критерием для выявления данных, которые можно рассматривать как грубые ошибки, и поэтому они должны быть отброшены.

Таблица 6. - Расчет доверительного интервала значения объема эфирных масел, экстрагированных из ДЗ сосны обыкновенной и кедра сибирского

Исследуемые хвойные породы деревьев	X_i	\bar{X}	$\bar{X} - X_i$	$\sum (\bar{X} - X_i)^2$	$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n - 1}}$	$\delta = \frac{T_{p,k} \cdot S}{\sqrt{n}}$
-------------------------------------	-------	-----------	-----------------	--------------------------	---	---

Кедр Сибирский	0,19 0,14 0,17	0,17	-0,02 0,03 0	$13 \cdot 10^{-4}$	$2,55 \cdot 10^{-2}$	0,06
Сосна обыкновенная	0,08 0,12 0,07	0,09	0,01 -0,03 0,02	$14 \cdot 10^{-4}$	$2,64 \cdot 10^{-2}$	0,07
Кедр сибирский (возле воды)	0,23 0,18 0,25	0,22	-0,01 0,04 -0,03	$26 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-2}$	0,13
Сосна обыкновенная (возле воды)	0,11 0,15 0,13	0,13	0,02 -0,02 0	$8 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	0,07

Таблица 7. - Расчет доверительного интервала значения выхода эфирных масел, экстрагированных из ДЗ сосны обыкновенной и кедр сибирского в пересчете на абсолютно сухое сырье, %

Исследуемые хвойные породы деревьев	X_i	\bar{X}	$\bar{X} - X_i$	$\sum(\bar{X} - X_i)^2$	$s = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}$	$\delta = \frac{T_{p,k} \cdot S}{\sqrt{n}}$
Кедр Сибирский	0,37 0,28 0,40	0,35	-0,02 0,07 -0,05	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	0,15
Сосна обыкновенная	0,13 0,20 0,11	0,15	0,02 -0,05 0,04	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$	0,12
Кедр сибирский (возле воды)	0,47 0,37 0,51	0,45	-0,02 0,08 -0,06	$1,04 \cdot 10^{-2}$	$7,2 \cdot 10^{-2}$	0,18
Сосна обыкновенная (возле воды)	0,18 0,24 0,20	0,21	0,03 -0,03 0,01	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	0,08