



Э.Д. Левин
С.М. Репях

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ



ПРОМЫШЛЕННОСТЬ - СЕЛУ

Э. Д. Левин

С. М. Репях

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

1021323



Москва · Лесная промышленность · 1984

Левин Э. Д., Релях С. М. Переработка древесной зелени. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 120 с. (Промышленность — селу).

Приведен химический состав хвои различных пород, показаны факторы, влияющие на его изменение. Даны сведения о белках, аминокислотах, липидах. Освещен состав витаминов, солевых, лигноподобных веществ, эфирных масел. Описана технология действующих производств по переработке технической зелени, новая технология получения биологически активных веществ в непрерывно действующих аппаратах. Рассмотрены вопросы получения кормовых продуктов и их использование в сельском хозяйстве.

Для инженерно-технических работников лесохимической промышленности и сельского хозяйства.

Табл. 52, ил. 44, библиогр. — 31 назв.

Рецензент доктор техн. наук, проф. В. А. Выродов (ЛТА им. С. М. Кирова).

ПРЕДИСЛОВИЕ

Общая площадь лесов нашей страны составляет 910 009 тыс. га, в том числе эксплуатируемая 710 844 тыс. га [23]. Лесные запасы на территории страны распространены неравномерно. Большая их часть сосредоточена в Сибири и на Дальнем Востоке. В лесах СССР преобладают насаждения ценных хвойных пород, которые занимают 78% покрытой лесом площади.

«Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» предусмотрено дальнейшее улучшение структуры и организации производства, повышение эффективности использования лесосырьевых ресурсов. Комплексное использование лесных ресурсов предусматривает использование всей биомассы дерева, переработку древесных отходов, образующихся в процессе заготовки древесины и переработки ее на лесозаготовительных предприятиях. Это позволит увеличить выпуск продукции с 1 га лесной площади и 1 м³ заготавливаемой древесины, повысить товарность деревообрабатывающих отраслей.

На долю стволовой древесины, являющейся главным объектом эксплуатации, приходится до 70% общей массы дерева, коры — от 9 до 24, сучьев — 8, пней и корней ~ 13%. Общий объем лесозаготовок в настоящее время составляет около 400 млн. м³; если учитывать всю биомассу растущего дерева, то эта цифра превысит 600 млн. м³. На лесосеках при сплошных рубках остается не менее 20% отходов, а при рубках ухода — от 80 до 100% [19]. Это ведет к большим потерям для народного хозяйства, так как отходы являются потенциальным сырьем для производства ряда ценных химических веществ, кормовых продуктов, лечебных и биоактивных препаратов.

Поэтому вполне закономерно, что внимание коллективов исследователей и работников производства обращено на изучение возможностей и путей использования всей биомассы дерева, в том числе и древесной зелени. Однако полное использование всей зелени нецелесообразно, так как часть ее необходима для удобрения почвы. Использование древесной зелени, оставляемой только на лесосеках, позволит получать ежегодно до 10 млн. т пищевого протеина, 180 т каротина, 26,5 тыс. т витамина С, бо-

лее 3,6 млн. т натурального клеточного сока, более 5 млн. т витаминной муки и многих других продуктов, необходимых народному хозяйству.

Под термином «древесная зелень» понимается хвоя, листья и неодревесневшие побеги. Практически, учитывая экономические и технические возможности заготовки сырья, древесная зелень представляет собой смесь хвои (листьев), коры, ветвей и побегов древесины. Согласно ГОСТ 21769—76, она представляет собой покрытые хвоей ветви диаметром не более 0,8 см, заготавливаемые со свежесрубленных деревьев. В определенные периоды года в ней содержатся также почки, цветы, семена и т. д. В процессе заготовки древесная зелень загрязняется минеральными примесями.

Исходя из объемов лесозаготовок, ресурсы древесной зелени на лесосеках главного пользования, по данным ВНИПИЭИлеспрома, в целом по РСФСР могут составить около 30,4 млн. т, в том числе около 25 млн. т древесной зелени хвойных пород. Экономически доступные ресурсы древесной зелени с учетом потерь при заготовке могут составить по европейской части РСФСР около 7,5 млн. т, из них 6,3 млн. т древесной зелени хвойных пород, по азиатской части РСФСР соответственно 4,7 и 3,7 млн. т. Экономически доступные ресурсы древесной зелени с учетом проводимых рубок ухода в целом по РСФСР могут составить 13 млн. т, в том числе 10 млн. т древесной зелени хвойных пород [4].

Непрерывный рост поголовья сельскохозяйственных животных и необходимость повышения их продуктивности ставят задачу расширения кормовой базы. Существенную роль в этом играет использование древесной зелени. В клетках древесных растений, особенно в хвое (листьях), содержится много веществ: от воды и углекислоты до сложных углеводов, липиды, белки, витамины, ферменты, гормоны, защитные и минеральные вещества, пригодные для кормовых целей. По наиболее ценным компонентам — экстрактивным веществам (белкам, липидам и др.) — древесная зелень превосходит траву, уступая ей лишь в содержании минеральных компонентов. Немаловажное значение имеет также пониженная влажность по сравнению с травой, так как влага в корме является балластом, затрудняющим его перевозку, сушку, хранение. В настоящее время доказано, что названные выше компоненты могут быть использованы в качестве кормовой добавки — источника белков, витаминов, микроэлементов, гормонов и др. Эта проблема особенно актуальна сегодня, когда необходимо принять неотложные меры для ускоренного

развития сельского хозяйства. Для решения задачи потребуются комбинированные корма, обогащенные высокобелковыми добавками, витаминами, микроэлементами, повышающими их питательную ценность.

В настоящее время лесохозяйственными и лесопромышленными предприятиями страны перерабатывается ежегодно около 0,8 млн. т древесной зелени; в том числе, тыс. т: для производства хвойной муки около 600, пихтового масла 60, хвойно-лечебного экстракта, хлорофилло-каротиновой пасты и других продуктов около 10. Колхозами и совхозами ежегодно заготавливается 2,0—2,5 млн. т веточного корма. Экономически доступные ресурсы используются примерно на 10%.

Темпы роста промышленной переработки древесной зелени сдерживаются слабой изученностью биохимического состава, отсутствием научных основ переработки, а также недостаточной изученностью потребительских свойств продуктов, полученных из нее. В Сибирском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте в течение ряда лет при участии авторов ведутся исследования состава древесной зелени хвойных пород и разрабатывается технология ее комплексного использования, составившие основу материала, изложенного в книге. Авторы будут благодарны всем, кто придет в Сибирский технологический институт (адрес: 660607, г. Красноярск, 49, проспект Мира, 82) свои критические замечания и пожелания, которые будут учтены в дальнейшей работе.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Древесная зелень хвойных пород (ГОСТ 21769—76) представляет собой покрытые хвоей ветки диаметром не более 8 мм, взятые со свежесготовленных деревьев и имеющие следующее соотношение фракций, %:

содержание хвои и неодревесневших побегов	не менее 60
содержание коры	не более 30
содержание минеральных примесей	не более 0,2
содержание органических примесей (листьев, мха, лишайников)	не более 10

В связи с этим представляет интерес механический состав древесной зелени, т. е. соотношение в ней хвои, коры и древесины. Ф. Т. Солодкий в своей работе показал, что в зеленой массе дерева хвоя, кора и древесные побеги находятся в соотношении 8:3:2. Механический состав древесной зелени сосны обыкновенной, произрастающей в древостоях Латвийской ССР, в зависимости от возраста деревьев колеблется в пределах, %: хвоя 65,4—75,2, кора 11,9—20,8, древесина 12,9—13,9. В табл. 1 приведено изменение механического состава древесной зелени в зависимости от породы дерева.

Обнаруженное максимальное количество хвои в древесной зелени сосны обыкновенной не согласуется с наблюдениями А. И. Фрагиной, отмечающей максимальное количество хвои (84,1%) в еловой древесной зелени. Многие считают, что с увеличением диаметра побегов количество хвои уменьшается. Р. И. Томчук [29] для древесной зелени основных лесообразующих пород Дальнего Востока и Якутии указывает, что максимальное содержание хвои имеют ветки толщиной до 6—8 мм.

ТАБЛИЦА 1

Порода	Механический состав древесной зелени, % общей массы		
	хвоя	кора	древесина
Ель	64,90	16,30	18,80
Пихта	68,70	15,60	15,70
Сосна	80,99	10,64	8,35

В Сибирском технологическом институте проведены работы по изучению механического состава древесной зелени основных лесообразующих пород Сибири в зависимости от диаметра побегов и породного состава (табл. 2).

Механический состав древесной зелени лиственницы сибирской отличается от состава других хвойных. Содержание хвои в побегах до 8 мм составляет 52%, а в побегах до 10 мм менее 50% на абс. сух. навеску. Соотношение коры и древесины для лиственницы сибирской почти одинаково. На основании полученных результатов выведены зависимости содержания различных компонентов древесной зелени от диаметра побега. Уравнение имеет вид $Y = a + bx$ [где Y — содержание хвои, коры, древесины, % абс. сухой навес-

ки; x — диаметр побега, мм; a , b , r — коэффициенты парной корреляции (см. табл. 2)].

ТАБЛИЦА 2

Диаметр побегов, мм	Механический состав древесной зелени, % общей массы, лесобразующих пород Сибири						
	Сосна			Ель			Пихта
	хвоя	кора	древесина	хвоя	кора	древесина	хвоя
2	85,7	7,6	6,7	77,6	11,6	10,8	80,9
4	82,3	11,1	6,6	73,7	12,9	13,4	77,1
6	78,3	13,4	7,8	65,5	13,6	20,9	75,4
8	76,8	15,2	10,0	63,1	15,3	21,6	67,3
10	69,6	14,9	15,5	61,3	15,9	22,8	64,2
Средний до 8 мм	80,8	12,3	7,8	70,0	13,35	16,7	75,8
Средний до 10 мм	78,5	12,8	9,32	68,2	13,9	17,9	73,4
b	-1,88	0,74	1,05	-2,16	0,55	1,61	-2,16
a	89,85	8,43	3,02	81,2	10,56	8,24	85,9
r	0,97	0,96	0,89	-0,97	0,99	0,94	-0,97

Продолжение

Диаметр побегов, мм	Механический состав древесной зелени, % общей массы, лесобразующих пород Сибири							
	Пихта		Кедр			Лиственница		
	кора	древесина	хвоя	кора	древесина	хвоя	кора	древесина
2	12,1	7,0	83,8	10,9	5,3	49,3	31,2	19,5
4	13,7	9,2	83,4	11,1	5,5	56,9	25,3	17,8
6	14,3	10,3	77,9	13,8	8,3	57,7	21,7	20,6
8	13,5	16,2	75,3	14,7	10,0	45,8	30,1	24,1
10	15,8	20,0	70,7	15,7	13,6	28,04	34,8	37,2
Средний до 8 мм	13,4	10,7	80,1	12,6	7,3	52,4	27,1	20,5
Средний до 10 мм	13,9	12,5	78,0	13,2	8,5	47,5	28,6	23,8
b	0,35	1,65	-1,72	0,66	1,06	—	—	—
a	11,8	2,64	88,5	9,28	2,21	—	—	—
r	0,84	0,97	-0,98	0,97	0,97	—	—	—

Древесная зелень лиственных пород по сравнению с древесной зеленью хвойных содержит меньше листьев и больше коры и древесины. По данным исследований ЛатНИИЛХП, содержание листьев и побегов в древесной зелени березы, получаемой при проведении осветлений, 58,1 и 41,9%, для осины 63,3 и 36,7%. Для древесной зелени лиственных пород возраст деревьев не оказывает существенного влияния на соотношение листьев и древесины. Данные по механическому составу древесной зелени, полученной на ИПС-1,0, приводятся в табл. 3. Отделив балласт, можно значительно повысить качество древесной зелени.

В. И. Ягодин, В. Я. Дерума, М. О. Даугавиетис [8], проводя вначале измельчение древесной зелени хвойных пород на частицы длиной 2—8 мм, а затем подвергая ее пневмосортировке, достигли снижения содержания древес-

Составные части древесной зелени	Масса составных частей, %	
	ель, сосна	береза, ольха
Хвоя, листья	54—68*	39—55
Неодревесневшие побеги диаметром до 3 мм	14—26	35—48
Побеги диаметром более 3 мм	7—14	5—8
Щепа, дробленка	2—4	3—4
Лишайник, мох	1—3	—
Мелочь, кора, листья и др.	1—2	1—2

* Приводятся крайние величины.

ных частиц в сырье на 7—10%. Они показывают, что при тщательном проведении пневмосортировки содержание хвои в древесной зелени можно повысить до 90% и выше.

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Содержание азотсодержащих веществ в древесной зелени хвойных пород. В последнее время возрос интерес к проблеме растительного белка. Растения осуществляют его первичный синтез и являются основным источником белкового питания человека и животных. Белковые молекулы в растительных тканях постоянно обновляются. Установлено, что у молодых растений белковый азот полностью обновляется за 72 ч, в то время как в старых за сутки обновляется всего 1—3% белка.

Состав азотных соединений древесной зелени, как наиболее активной части растений, зависит от породы и возраста дерева, возраста самой хвои и др. Так, содержание протеина в зависимости от времени года колеблется в хвое сосны от 9,4 до 11,8% и ели от 5,6 до 8,3%, т. е. сезонные колебания протеина составляют 25—30%; однолетняя хвоя в конце лета — начале осени содержит больше белка, чем хвоя 2-го и 3-го года в тот же период времени, и т. д.

Н. Е. Судачкова [28], изучая состав азотсодержащих веществ различных вегетативных органов, установила, что содержание азота в хвое сосны и ели почти в 2 раза больше, чем в молодых побегах (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4

Порода	Соотношение белкового и небелкового азота в вегетативных органах хвойных пород, % массы абс. сух. вещества								
	Хвоя			Побеги			Корни		
	общий	белковый	небелковый	общий	белковый	небелковый	общий	белковый	небелковый
Сосна обыкновенная	2,72	2,27	0,45	1,41	1,26	0,15	1,39	1,23	0,16
Лиственница сибирская	2,90	2,00	0,90	2,27	1,85	0,42	1,84	1,82	0,02
Ель сибирская	2,58	2,24	0,34	1,30	—	—	2,37	2,26	0,11

Содержание валового и белкового азота на протяжении роста хвои не постоянно. В течение вегетационного периода динамика общего и белкового азота имеет два выраженных максимума: весенний (апрель — май), приходящийся на период распускания почек, и осенний, проявляющийся во всей хвое и в молодых побегах. Это связано с тем [21, 28], что в начале вегетации, т. е. при роспуске почек и начале роста хвои (май — июнь), в хвое и почках наблюдается высокая концентрация азота. С прекращением роста хвои завершается дифференциация клеток, происходит резкое уменьшение содержания общего азота (июль). Падение концентрации азота в течение вегетации в молодых побегах зависит от процесса дифференцировки тканей. Это приводит к увеличению размеров хвои, что снижает в ней процентное содержание азота.

С августа по декабрь в хвое снова происходит накопление азота. Затем в январе — феврале отмечено уменьшение общего и белкового азота. Это совпадает с выходом растений из состояния глубокого покоя. В марте вновь наблюдается весенний максимум накопления общего и белкового азота. Затем до начала активного роста происходит снижение содержания азотистых веществ. Причиной снижения количества азота как зимой, так и весной является усиление активности гидролитических ферментов, вызванное потребностью в азоте молодых развивающихся органов. В этот период концентрация азота в почках повышается.

Подобной закономерности подчиняется и изменение содержания азотистых веществ лиственницы сибирской [28]. Содержание общего азота колеблется от 3,66 до 1,6% (рис. 1). В мае, когда начинается рост хвои, содержание общего азота составляет 3,66%. К концу вегетации общее его содержание снижается до 1,54%.

Возраст хвои оказывает влияние на сезонную динамику азота. Так, в июне в хвое 2-го и 3-го годов количество азота ниже по сравнению с хвоей 1-го года; повышение общего и белкового азота начинается в сентябре. Однако в зависимости от возраста хвои проявляется уменьшение количественных изменений абсолютных величин. В хвое 2-го и 3-го годов жизни сильно снижается содержание общего и белкового азота. Это объясняется тем, что с увеличением возраста хвои увеличивается доля небелковых веществ и все это приводит к изменению относительного содержания в ней азота. Старая хвоя является органом запасующим, где в осенне-зимний период происходит накопление азота, а затем отток его к молодым быстро растущим побегам. Эта тенденция наблюдается независимо от условий и места произрастания. Содержание азота в ветвях в 2—3 раза меньше, чем в хвое, а в зависимости от типа леса, диаметра и возраста веток и др. их соотношение колеблется в широких пределах.

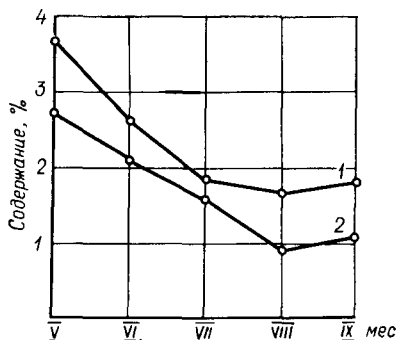


Рис. 1. Динамика общего азота и неэкстрагируемой фракции белка в хвое лиственницы сибирской: 1 — общий азот; 2 — неэкстрагируемый белок

Фракционный состав белковых веществ. По своей природе и свойствам растительные белки очень разнообразны. Согласно классификации, предложенной Осборном и основанной на критерии растворимости, протеины сгруппированы в альбумины, глютелины, проламины и глобулины. Эта классификация относительно проста и широко употребляется. Изучение фракционного состава протеинов может дать информацию о ценности белка как продукта питания, а также об обменных процессах, протекающих в растительном организме. Биологическая ценность устанавливается двумя методами: определением содержания входящих в его состав аминокислот и определением соотношения отдельных фракций в белковом комплексе.

В литературе имеется мало сведений, посвященных изучению фракционного состава протеинов вегетативных органов хвойных. Г. С. Худашова с соавторами [25] приводят результаты фракционирования белков хвои сосны и ели. Авторы отмечают, что из общего количества протеина хвои сосны и ели 30% — это нерастворимые азотистые соединения. Из растворимых альбумины составляют 31% суммы растворимых белков, глютелины — 42,5, проламины — всего 9,5%. Эти же авторы указывают, что в древесной зелени содержание протеинов снижается на 25% по сравнению с хвоей. Подобные исследования проводились авторами для сосны и ели в СибТИ. Было установлено, что в растворимых белках преобладают щелочерастворимые и водорастворимые.

Рассматривая динамику растворимых протеинов хвои сосны в годовом цикле (табл. 5), можно заметить, что наибольшее содержание падает на период с января по апрель. В этот же период проявляется максимум, который приходится на март; повторный максимум наблюдается в июне.

Изменение глютелинов в годовом цикле для хвои сосны весьма существенно; оно колеблется от 78,0 до 91,7% в расчете на растворимый белок. Эта фракция определяет динамику растворимых протеинов. Максимальное содержание щелочерастворимой фракции наблюдается в феврале — марте. Макси-

ТАБЛИЦА 5

Месяц	Содержание белкового азота в хвое сосны, % сух. массы						
	суммарный белок	белковая фракция		глютелины	альбумины	глобулины	проламины
		растворимая	нерастворимая				
Январь	10,56	3,12	7,44	2,40	0,29	0,02	0,37
Февраль	10,16	3,31	6,85	2,98	0,26	0,05	0,12
Март	9,68	3,75	5,93	3,19	0,29	0,07	0,20
Апрель	9,47	3,25	6,22	2,71	0,28	0,03	0,23
Май	9,67	2,00	7,67	1,56	0,18	0,01	0,25
Июнь	8,16	2,47	5,69	2,12	0,29	0,02	0,04
Июль	7,66	3,06	4,60	2,52	0,30	0,06	0,18
Август	8,28	2,66	5,73	2,51	0,23	0,04	0,08
Сентябрь	8,79	2,17	6,56	1,99	0,08	0,05	0,05
Октябрь	8,12	2,42	5,74	2,06	0,23	0,06	0,07
Ноябрь	9,31	2,56	6,75	2,04	0,29	0,03	0,20
Декабрь	9,75	2,81	6,94	2,38	0,31	0,02	0,10

мум приходится на конец марта. Затем идет снижение концентрации глютелинов, и в конце июля снова появляется максимум. Во второй половине лета и в осенний период замечено относительно низкое содержание глютелинов. В зимний период концентрация их снова возрастает. Новицкая Ю. Е. и Чикина П. Ф. [21] установили подобную закономерность. Они же указывают, что высокое содержание глютелинов в хвое сосны способствует повышению устойчивости протоплазмы клеток, предохраняет их от гибели при действии неблагоприятных факторов.

В проблемной лаборатории СибТИ в течение 1979—1980 гг. проводились исследования фракционного состава белков лиственницы сибирской. Результаты исследования показывают, что в мае, в период начала интенсивного роста, отмечается высокое содержание общего и белкового азота, а к концу июня, с прекращением роста хвои, наблюдается снижение концентрации общего азота. Такое снижение протекает до конца августа. Начиная с сентября снова происходит повышение уровня общего азота и увеличение количества растворимых белковых фракций (см. рис. 1).

Исследование фракционного состава белков позволило установить, что в хвое лиственницы сибирской в течение всего периода вегетации присутствуют водорастворимые белки. Количество альбуминов гораздо ниже, чем глютелинов. В течение вегетационного периода происходит изменение содержания альбуминов. Сравнительно высокое содержание их наблюдается в весенний период и в начале лета. Затем в июле концентрация этой фракции снижается, и в конце августа снова идет некоторое повышение количества водорастворимых белков (рис. 2).

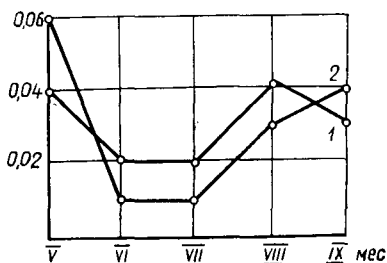
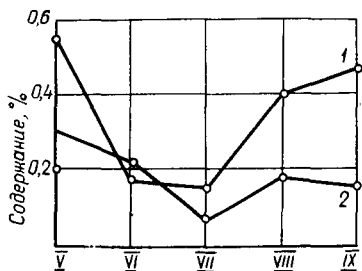


Рис. 2. Динамика глютелинов и альбуминов хвои лиственницы сибирской в период вегетации:
1 — глютелины; 2 — альбумины

Рис. 3. Динамика проламинов и глобулинов хвои лиственницы сибирской в период вегетации:
1 — глобулины; 2 — проламины

Количество глютелинов в период вегетации также изменяется в широких пределах. Максимум их содержания приходится на начало вегетации. Затем летом концентрация щелочерастворимой фракции снижается более чем в 2 раза и только в сентябре происходит некоторое повышение содержания этой фракции. Проламины и глобулины в хвое лиственницы сибирской содержатся в незначительных количествах (рис. 3). Ю. Е. Новицкая и П. Ф. Чикина [21]

отмечают, что возраст хвои влияет как на содержание растворимых фракций, так и на неэкстрагируемый (конституционный) белок. Содержание нерастворимой фракции в однолетней хвое колеблется в пределах от 53,3 до 80,9%, в двухлетней от 64 до 78,6% общей суммы белкового азота. Эти авторы указывают, что значительные различия содержания нерастворимого белка в хвое 1-го и 2-го годов сильно проявляются в марте. В хвое 2-го и 3-го годов происходит увеличение неэкстрагируемого остатка. В этот период в хвое 1-го года содержание этой фракции снижается почти в 2 раза по сравнению с зимним максимумом. В весенний период в хвое 1-го года жизни наблюдается максимум содержания растворимой белковой фракции. В этот период повышается содержание сощелочерастворимых белковых фракций. Эти изменения в хвое 1-го года связаны с подготовкой древесных растений к началу вегетации.

Аминокислотный состав белковых фракций. Основными структурными элементами белков являются аминокислоты. В природе найдено свыше 200 различных аминокислот, но в белках живых организмов встречаются только 20. Растения синтезируют все аминокислоты в достаточном для своего организма количестве в отличие от животных и человека, синтезирующих лишь часть из них. Аминокислоты, синтезируемые в организме животного и человека, называются незаменимыми. В настоящее время установлено 8 незаменимых аминокислот: триптофан, фенилаланин, метионин, лизин, валин, треонин, изолейцин и лейцин. Недостаток незаменимых кислот в корме животных приводит к снижению скорости роста, падению массы, другим заболеваниям и угнетениям организма.

Во многих растительных белках лимитирующими чаще всего бывают незаменимые аминокислоты. Белки, не содержащие некоторых незаменимых аминокислот, называются неполноценными. Поэтому определение аминокислотного состава является одной из важнейших задач при изучении белков, в том числе и из древесной зелени. Кроме установления пищевой и кормовой ценности, определение аминокислотного состава важно также для решения ряда теоретических задач, посвященных проблеме синтеза белков в растениях. При исследовании аминокислотного состава отдельных фракций необходимо изучение всего комплекса, содержащегося в исследуемом продукте.

При определении аминокислотного состава белков, выделенных из древесной зелени хвойных пород, работу проводят в два этапа: гидролиз белка 6 н. соляной кислотой и подготовка полученной смеси к анализу; проведение анализа смеси аминокислот методом ионообменной хроматографии с использованием прибора ААА-881.

В составе белков хвои сосны обыкновенной количественно определено 19 аминокислот (табл. 6).

В молодых побегах в начальный период формирования древесины содержится 21,7% белка в пересчете на абс. сух. навеску, а в конце вегетационного периода всего лишь 1,02%. Белки хвои сосны содержат большое количество лизина, аргинина, аспарагиновой кислоты, лейцина и небольшие количества триптофана, цистина, цистеина и метионина. Аминокислотный состав белков хвои других видов растений изменяется в меньшей степени, чем их количественное содержание.

ТАБЛИЦА 6

Аминокислота	Содержание белка, % массы хвои в возрасте, годы			
	1	2	3	4
Лизин	0,730	0,694	0,637	0,637
Гистидин	0,235	0,235	0,197	0,181
Аргинин	0,732	0,777	0,706	0,674
Аспарагиновая	0,612	0,608	0,587	0,587
Треонин	0,348	0,377	0,344	0,320
Серин	0,323	0,328	0,318	0,312
Глутаминовая	0,884	0,862	0,803	0,746
Пролин	0,215	0,206	0,204	0,196
Глицин	0,498	0,457	0,450	0,420
Аланин	0,492	0,492	0,459	0,427
Валин	0,419	0,439	0,427	0,426
Метионин	0,039	0,034	0,033	0,029
Изолейцин	0,325	0,319	0,319	0,296
Лейцин	0,563	0,544	0,545	0,418
Тирозин	0,178	0,223	0,228	0,215
Фенилаланин	0,374	0,332	0,379	0,360
Цистин + цистеин	0,134	0,130	0,128	0,120
Триптофан	0,017	0,018	0,018	0,017
Всего	7,118	7,110	6,782	6,348

Содержание аминокислот в каждой из белковых фракций *Pinus silvestris* (табл. 7) показывает, что в водорастворимой фракции альбумина содержится максимальное количество незаменимых аминокислот, на их долю приходится

ТАБЛИЦА 7

Аминокислота	Содержание белка и белковых фракций в хвое сосны, % суммы аминокислот					
	суммарный белок	альбумины	глобулины	проламины	глутамины	неэкстра- гируемый белок
Лизин	4,26	6,86	7,03	2,92	3,60	4,03
Гистидин	0,60	0,48	0,38	0,62	0,48	0,85
Аргинин	5,07	2,72	2,52	1,39	6,36	4,29
Цистин	сл.	сл.	5,78	2,66	—	—
Аспарагиновая	12,92	12,49	3,42	16,33	12,28	12,37
Треонин	4,62	5,59	3,44	2,38	3,67	4,10
Серин	7,14	4,11	5,05	6,30	6,46	5,06
Глутаминовая	14,13	13,72	10,54	8,76	13,48	14,59
Пролин	11,18	6,30	8,31	16,14	7,08	9,51
Глицин	7,29	7,22	7,51	11,54	7,51	7,23
Аланин	6,92	5,57	6,42	5,34	5,48	6,75
Валин	5,69	9,71	8,45	9,37	10,80	9,28
Метионин	0,58	0,23	0,29	—	0,92	1,54
Изолейцин	2,80	6,16	6,31	2,62	4,03	4,52
Лейцин	10,19	12,32	12,62	9,44	8,07	9,03
Тирозин	1,76	5,67	1,30	7,24	1,67	1,25
Фенилаланин	4,80	1,03	7,94	0,99	5,08	5,69

42% общего количества. Превалирующими кислотами в альбуминовой фракции является валин и лейцин, лимитирующими гистидин и метионин. Из прочих аминокислот необходимо отметить высокое содержание аспарагиновой и глутаминовой.

Глутелины наряду с альбуминами — наиболее богаты незаменимыми аминокислотами фракция. На долю незаменимых аминокислот в этой группе белков приходится 36,5% суммы всех аминокислот. Превалирует здесь валин, лейцин и фенилаланин, лимитирующими являются гистидин и метионин.

Самой некачественной (в отношении питательной ценности) можно считать белковую фракцию, выделяемую 80%-ным этиловым спиртом, — проламины. В этой фракции отсутствует метионин (в определяемых количествах), низко содержание лизина, а метионин и лизин — одни из самых дефицитных для животных аминокислот. Необходимо отметить, что из всех выделенных фракций наиболее богаты лизином солерастворимые белки — глобулины. В этой же фракции содержится и наибольшее количество другой незаменимой аминокислоты — лейцина.

Аминокислотный состав белковых фракций хвои лиственницы сибирской показывает, что в состав белков входят все аминокислоты, найденные в растительных тканях (табл. 8).

В следовых количествах обнаружен триптофан. На долю незаменимых аминокислот приходится в альбуминах 45,90%, в глобулинах 53,46, в проламинах 56,40, в глутаминах 40,57 и в неэкстрагируемой фракции белков 55,4% общей суммы аминокислот. Для хвои лиственницы сибирской максимальное число незаменимых аминокислот (56,40%) содержится в проламинах. Однако

ТАБЛИЦА 8

Аминокислота	Содержание белковых фракций в хвое лиственницы сибирской, % суммы аминокислот				
	альбумины	глобулины	проламины	глутелины	неэкстрагируемый белок
Лизин *	5,93	12,18	12,52	5,52	7,83
Гистидин *	3,70	3,65	3,39	3,68	4,20
Аргинин *	4,94	5,80	11,23	4,20	5,78
Цистиновая	1,98	1,83	0,40	2,65	1,01
Аспарагиновая	10,12	11,24	7,84	12,52	11,14
Треонин *	4,20	6,09	4,20	5,90	3,22
Глицин	6,42	4,87	5,09	6,56	6,20
Аланин	7,90	7,51	6,22	6,70	6,99
Валин *	9,88	6,70	7,03	5,90	8,21
Метионин *	Следы		0,32	0,20	1,17
Изолейцин *	4,44	5,11	4,12	3,46	5,83
Лейцин *	7,65	8,77	8,48	8,10	11,70
Серин	5,20	6,33	4,28	7,22	2,47
Глутаминовая	14,82	11,73	12,76	14,73	12,59
Пролин	5,93	3,29	4,44	7,22	4,57
Тирозин	1,73	0,097	2,58	1,84	0,65
Фенилаланин *	5,19	5,16	5,09	3,61	7,46
Сумма незаменимых *	45,9	53,46	56,40	40,57	55,40

* Незаменимые аминокислоты.

необходимо заметить, что содержание проламинов от суммы общего азота (для майской хвои) составляет всего лишь 1,1% абс. сух. вещества, а от суммы растворимых белков — 4,4%. Изменение аминокислотного состава белков хвои лиственницы сибирской в зависимости от ее возраста (в течение одного года) показано на примере водорастворимой фракции — альбуминов (табл. 9). Наибольшее содержание незаменимых аминокислот приходится на хвою, отобранную в августе (53,8% суммы аминокислот). Рассматривая изменение отдельных аминокислот, можно наблюдать увеличение содержания лизина, лейцина и аргинина по мере формирования и роста хвои. Количество лизина в августовской хвое увеличивается более чем в 2 раза по сравнению с майскими образцами. Содержание аргинина увеличивается за этот период на 22%, лейцина на 20%, треонина и серина, наоборот, уменьшается; концентрация треонина снижается на 27%, а серина более чем в 3 раза. Для других аминокислот определенной закономерности установить не удалось.

ТАБЛИЦА 9

Аминокислота	Содержание водорастворимых белков в хвое лиственницы сибирской в зависимости от ее возраста (в течение года), % суммы аминокислот			
	Май	Июнь	Июль	Август
Лизин *	5,93	7,67	9,73	12,90
Гистидин *	3,70	2,17	3,50	3,32
Аргинин *	4,94	4,26	6,42	6,37
Цистиновая	1,98	2,54	0,40	1,66
Аспарагиновая	10,12	11,23	9,53	10,12
Треонин *	4,20	7,43	5,06	3,05
Серин	5,20	6,79	5,64	1,22
Глутаминовая	14,82	12,60	13,23	14,66
Пролин	5,93	11,23	7,20	5,06
Глицин	6,42	5,89	5,45	5,24
Аланин	7,90	6,97	6,42	7,42
Валин *	9,88	4,26	5,45	8,03
Метионин *	следы	0,27	0,40	0,20
Изолейцин *	4,44	3,08	3,50	5,06
Лейцин *	7,65	6,61	9,14	9,60
Тирозин	1,73	2,45	4,09	0,90
Фенилаланин *	5,19	4,62	4,86	5,24
Сумма незаменимых *	45,90	40,31	48,06	53,8

* Незаменимые аминокислоты.

Состав свободных аминокислот. Свободные аминокислоты являются исходными соединениями, обеспечивающими синтез белков. Вследствие этого они тесно связаны с процессами роста и развития дерева. Поэтому качественный и количественный состав свободных аминокислот может служить критерием обеспеченности растений элементами питания и показателем их жизнедеятельности. Качественный и количественный состав свободных аминокислот непостоянен, на него влияют различные факторы: возраст хвои (табл. 10), сезонность, условия произрастания и др.

Аминокислота	Содержание свободных аминокислот, мг/г абс. сухой массы, в зависимости от возраста хвои, годы			
	1	2	3	4
Лизин	0,057	0,047	0,043	0,036
Гистидин	0,014	0,010	—	—
Аргинин	0,210	0,136	0,129	0,097
Аспарагиновая	0,050	0,053	0,028	0,013
Треонин	0,062	0,034	0,049	0,030
Серин	0,019	0,016	0,013	—
Глутаминовая	0,143	0,137	0,035	0,098
Пролин	0,020	0,006	0,007	0,007
Глицин	0,032	0,012	0,016	—
Аланин	0,041	0,035	0,022	0,019
Валин	0,017	0,013	0,012	0,014
Метионин	0,003	0,008	—	—
Изолейцин	0,008	0,004	—	—
Лейцин	0,017	0,010	0,011	0,008
Тирозин	0,117	0,113	0,108	0,086
Фенилаланин	0,010	0,003	0,005	0,005
Цистеин + цистин	0,061	0,058	0,032	0,025
Триптофан	—	—	—	—
γ-аминомасляная	0,093	0,047	0,046	0,031
Аспарагин	—	0,017	0,030	0,074
Всего	1,034	0,759	0,688	0,541

ТАБЛИЦА 11

Аминокислота	Содержание свободных аминокислот в некоторых органах сосны, мг/100 г абс. сух. вещества						
	Май			Июль			
	почки	хвоя	кора побегов	хвоя одно-летняя	растущие побеги	хвоя двух-летняя	кора двухлет-них побегов
α-аланин	26,18	28,67	22,64	16,22	46,63	6,13	34,20
γ-аминомасляная	37,55	14,74	22,72	12,70	38,43	2,34	27,43
Аспарагин	46,39	69,38	58,78	27,70	73,66	10,19	55,19
Аргинин и аспарагиновая	85,60			15,71			
Валин	24,89	5,14	4,89	16,45	24,35	6,47	37,47
Гистидин + лизин	—	13,09	11,71	11,13	16,50	—	12,39
Глутаминовая	76,74	49,78	47,70	22,70	30,14	14,40	84,76
Изолейцин	15,40	11,99	9,73	16,40	25,39	4,49	29,10
Лейцин	1,38	2,26	2,35	3,87	3,21	следы	3,14
Орнитин	30,71	5,66	5,20	25,37	29,69	6,91	29,40
Пролин	45,60	9,82	15,98	11,85	12,71	10,03	16,22
Тирозин	6,52	14,51	17,31	20,73	20,47	7,40	28,10
Фенилаланин	4,80	5,14	4,89	6,33	8,02	2,53	8,11
Цистин	13,43	13,37	9,44	11,19	22,54	5,40	21,11
Всего	415,14	243,55	233,34	218,01	351,74	75,98	454,48

Синтез белка и свободных аминокислот интенсивнее идет в более молодых листьях. Большая часть связанного азота в исследованных нами образцах приходится на такие важные азотсодержащие соединения, как аргинин, тирозин, глутаминовая и γ -аминомасляная кислоты, содержащие почти 70% всего аминокислотного азота хвои любого возраста. Необходимо заметить, что в старой хвое (3-, 4-го годов роста) наблюдается накопление аспарагина, являющегося транспортной формой азота в растениях. Полученные результаты свидетельствуют, что в хвое разного возраста присутствуют в свободном виде все незаменимые аминокислоты, кроме триптофана; особенно много содержится аргинина.

Ю. Е. Новицкая и П. Ф. Чикина [21] изучали свободные аминокислоты хвои разного возраста, почек и молодых побегов. Они установили, что в молодой хвое по мере ее роста концентрация свободных аминокислот сокращается почти вдвое по сравнению с почками, из которых она развивалась (табл. 11), однако по сравнению с двухлетней хвоей содержание аминокислот в ней значительно выше. Концентрация свободных аминокислот в побегах намного больше, чем в молодой хвое, растущей на этих побегах, так как через молодые побеги происходит поступление аминокислот к развивающейся хвое, где они более интенсивно используются в белковом синтезе, чем в самом побеге.

Сезонная динамика содержания свободных аминокислот изучалась давно. Было установлено, например, что для хвои ели в годичном цикле (табл. 12) растущая почка — побег — в конце мая содержит множество свободных аминокислот. Глутаминовая, аспарагиновая и γ -аминомасляная кислоты, аргинин,

ТАБЛИЦА 12

Аминокислота	Сроки исследования нахождения свободных аминокислот в хвое сеянцев ели, мг/г абс. сух. вещества					
	18.05	17.06	25.06	10.07	15.08	20.09
Цистеин	—	—	—	0,073	0,034	—
Орнитин	—	—	—	0,040	0,020	—
Лизин	0,045	0,030	—	0,025	0,066	—
Гистидин	—	—	—	0,069	—	—
Аргинин	0,786	0,074	0,064	0,025	0,062	0,025
Аспарагин	0,267	—	0,187	0,109	—	—
Глутамин	0,242	—	0,068	0,052	0,081	0,018
Аспарагиновая	0,400	0,352	—	0,020	0,072	—
Серин	0,207	0,192	0,300	0,147	0,065	0,060
Глицин	0,042	—	0,059	0,018	0,013	0,012
Глутаминовая	0,536	0,298	0,420	0,305	0,447	0,124
Треонин	0,037	—	—	0,025	0,021	—
α -аланин	0,414	0,215	0,387	0,162	0,157	0,120
Пролин	0,576	0,063	0,046	0,027	0,049	0,030
Тирозин	—	—	0,035	0,029	0,142	0,162
γ -аминомасляная	0,402	0,117	0,230	0,106	0,145	0,102
Валин	0,042	0,030	0,072	0,026	0,023	0,042
Фенилаланин	—	—	0,112	0,020	—	—
Лейцин	0,033	0,024	0,036	0,052	0,112	0,073
Всего	4,029	1,395	2,016	1,290	1,529	0,788

Аминокислота	Сроки исследования нахождения свободных аминокислот в хвое сеянцев ели, мг/г абс. сух. вещества					
	14.10	20.11	17.12	19.02	26.04	18.05
Цистеин	—	—	0,035	0,031	0,015	—
Орнитин	—	—	—	—	—	0,019
Лизин	—	0,018	0,034	0,025	0,006	—
Гистидин	—	—	—	—	0,031	—
Аргинин	0,057	0,072	0,097	0,037	0,038	0,167
Аспарагин	—	—	—	—	0,028	0,077
Глутамин	0,024	—	0,019	0,082	0,050	0,080
Аспарагиновая	—	—	—	—	—	0,060
Серин	0,037	0,050	0,046	0,052	0,032	0,092
Глицин	—	—	0,024	—	0,041	0,016
Глутаминовая	0,160	0,175	0,206	0,083	0,143	0,242
Треонин	—	—	—	—	0,011	0,030
α -аланин	0,098	0,070	0,064	0,097	0,060	0,270
Пролин	0,035	0,040	0,044	0,050	0,025	0,140
Тирозин	0,037	0,048	0,041	0,020	0,143	—
γ -аминомасляная	0,120	0,125	0,116	0,205	0,191	0,326
Валин	0,400	0,035	0,031	0,050	0,027	0,047
Фенилаланин	0,025	0,043	0,049	0,037	—	—
Лейцин	0,030	0,020	0,026	0,027	0,014	0,045
Всего	0,665	0,678	0,832	0,796	0,855	2,612

пролин, α -аланин составляют 77% всего аминокислотного азота растущего побега. Набор аминокислот в молодой хвое в середине июня беднее, а общая их концентрация в 4 раза ниже, чем в растущей почке.

В конце июня в хвое обнаружено максимальное число свободных аминокислот. Необходимо отметить, что аспарагиновая кислота в этот период исчезает и появляется много серина, еще более возрастает содержание глутаминовой и γ -аминомасляной кислот. Летом (июль — август) происходит постепенное снижение числа аминокислот, в основном за счет уменьшения концентрации γ -аминомасляной кислоты, серина, α -аланина и в меньшей степени глутаминовой кислоты. В осенне-зимний период уровень свободных аминокислот в хвое ели стабилен. Большую часть связанного азота в указанный период составляют глутаминовая и γ -аминомасляная кислоты.

Наблюдения, проводимые в течение вегетации для лиственницы сибирской, показали, что максимум содержания свободных аминокислот достигается в августе. Это связано с подготовкой лиственницы к сбрасыванию хвои, поскольку в сентябре в желтеющей хвое содержание аминокислот резко падает (рис. 4). То же происходит в большинстве органов растений сосны. Особенно большое снижение наблюдается в тканях, осуществляющих в растении транспорт питательных веществ. Так, в коре двухлетних побегов за период с июля по октябрь сумма свободных аминокислот падает почти в 7 раз.

Необходимо отметить, что содержание свободных аминокислот существенно изменяется в течение суток. Уменьшение общего содержания свободных аминокислот в хвое сосны проявляется в светлое время суток (рис. 5). В ночные часы концентрация суммы аминокислот достигает максимума. Число сво-

Рис. 4. Динамика суммарного содержания аминокислот в хвое:

1 — лиственница сибирская; 2 — ель сибирская; 3 — сосна обыкновенная

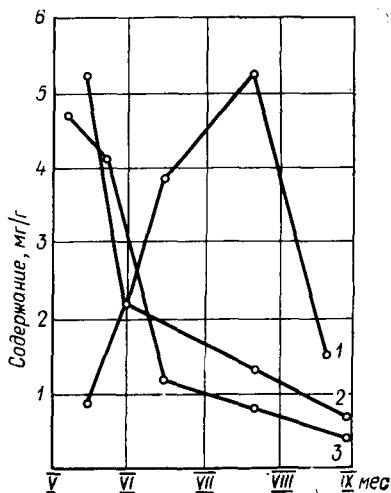
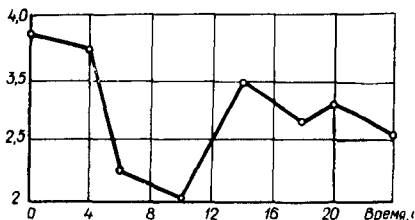
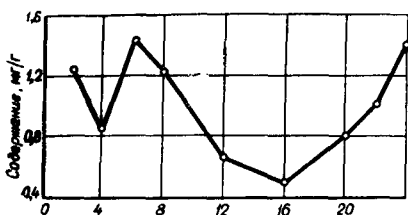


Рис. 5. Суточная динамика суммарного содержания аминокислот в хвое сосны обыкновенной

Рис. 6. Суточная динамика содержания суммы свободных аминокислот в растущих побегах сосны



бодных аминокислот растущих побегов также изменяется в течение суток (рис. 6) [21]. Самая высокая сумма свободных аминокислот наблюдается в 0 ч. В утренние часы (6—10 ч) общее содержание аминокислот сокращается до минимума. Днем сумма аминокислот снова повышается и довольно устойчиво сохраняется на этом уровне в вечерние часы. Увеличение содержания свободных аминокислот в ночное время связано в основном с ослаблением синтеза белков и усилением их гидролиза.

ЛИПИДЫ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Содержание и фракционный состав липидов. Количество липидов в дереве может изменяться в зависимости от видового состава, возраста хвои, сезона года, почвенно-климатических условий. Для их количественного определения важен и тип применяемого растворителя. Для полного извлечения липидов из хвои все связи их с другими соединениями должны быть разорваны. В настоящее время считают, что главную роль в сцеплении липидов с другими соединениями играют слабые гидрофобные и Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия, а также водородные и ионные связи. Неполарные радикалы протенногенных аминокислот способны к слабым взаимодействиям с гидрофобными участками молекул липидов и к взаимодействиям типа «ион-диполь» с фосфатными группами липидов. Энергия слабых взаимодействий не превышает

8,4 кДж/моль, поэтому для их разрушения достаточно воздействия неполярных растворителей.

В образовании комплексов липидов с биополимерами клетки участвуют водородные связи, которые могут образоваться между гидроксильными, карбоксильными и аминогруппами липидов и полярными функциональными группами белков и других соединений. Энергия этих связей значительно превышает энергию слабых взаимодействий. Поэтому разорвать водородные связи можно лишь с помощью полярных органических растворителей — метанола, этанола, изопропанола и др. Наибольшей прочностью отличаются ионные связи, образующиеся между липидами и веществами неэкстрагируемого остатка. Из этого следует, что выбор растворителя зависит от того, какой класс или группу соединений необходимо извлечь.

Исследования сезонной динамики липидов хвои сосны, ели, пихты и лиственницы сибирской разного возраста проводились в проблемной лаборатории Сибирского технологического института. Липиды из хвои извлекались диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета. Результаты свидетельствуют о больших изменениях в содержании суммарных липидов (табл. 13).

ТАБЛИЦА 13

Время отбора пробы	Содержание липидов в хвое сосны, % абс. сух. массы, в зависимости от ее возраста, годы			Время отбора пробы	Содержание липидов в хвое сосны, % абс. сух. массы, в зависимости от ее возраста, годы		
	1	2	3		1	2	3
Январь	10,1	12,9	12,2	Июль	9,3	12,0	13,7
Февраль	10,4	12,7	11,8	Август	10,4	11,9	11,8
Март	10,8	13,5	12,9	Сентябрь	12,3	14,1	13,7
Апрель	11,6	14,1	13,7	Октябрь	11,9	14,2	14,8
Май	10,9	13,7	13,9	Ноябрь	11,1	13,4	13,1
Июнь	10,2	13,2	12,7	Декабрь	10,5	12,8	12,6

Содержание липидов в ходе годового цикла для хвои разного возраста изменяется от 9,3 до 14,8% (на абс. сух. вещество). Хвоя 2-го и 3-го годов жизни содержит на 1,5—2% липидов больше, чем однолетняя. Характер сезонных изменений липидов в разновозрастной хвое идентичен (рис. 7). Наименьшее количество липидов в хвое содержится в летний период — в течение интенсивного роста побегов. Это объясняется использованием липидов в процессе метаболизма. Минимум приходится на июль. Затем содержание общих липидов постепенно повышается и в сентябре — октябре составляет свыше 14%, т. е. максимально. В холодный период года липиды расходуются, и в декабре — январе наблюдается второй минимум. Это время приходится на выход растения из глубокого покоя. Для хвои лиственницы сибирской общее содержание эфирорастворимых веществ сильно изменяется в период вегетации (рис. 8).

Определение группового состава суммарных липидов проводилось методом адсорбционной колоночной хроматографии на силикагеле КСК с последующим элюированием хлороформом, ацетоном и метанолом. Хлороформные элюаты, полученные при хроматографировании липидов, содержат нейтраль-

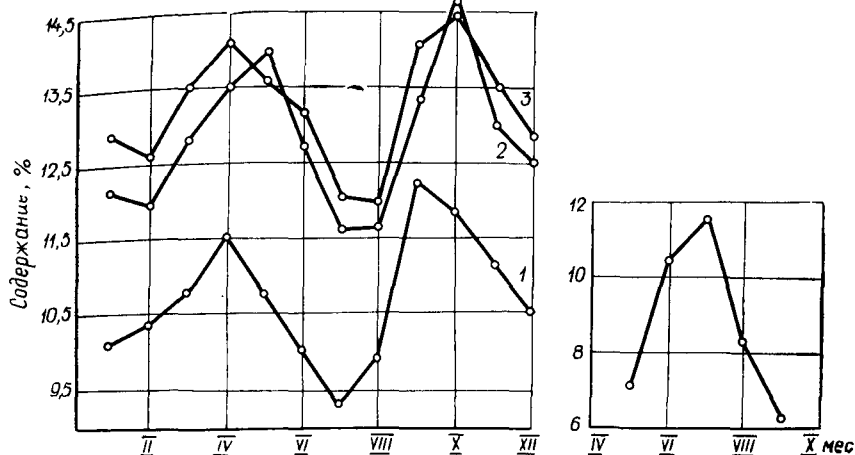


Рис. 7. Сезонная динамика содержания липидов в хвое сосны разного возраста:

1 — однолетняя; 2 — трехлетняя; 3 — двухлетняя

Рис. 8. Сезонное изменение содержания общих липидов хвои лиственницы

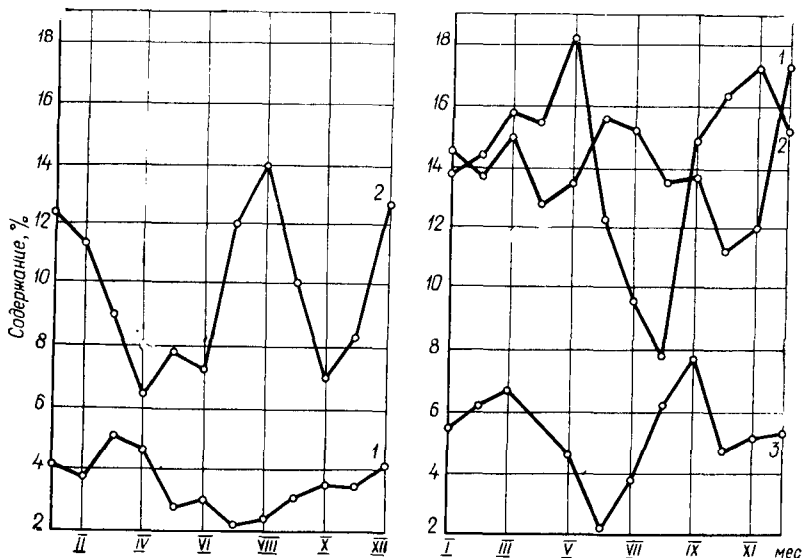


Рис. 9. Сезонная динамика отдельных фракций липидов:

1 — фосфолипиды; 2 — гликолипиды

Рис. 10. Сезонная динамика отдельных фракций нейтральных липидов:

1 — глицериды; 2 — углеводороды; 3 — кислоты

ные липиды, ацетоновые элюаты — гликолипиды, метанольные — фосфолипиды. Сезонная динамика последних двух групп соединений представлена на рис. 9.

Содержание фосфолипидов в почках для условий Карелии на 20—30% меньше, чем в хвое сосны. Однолетняя хвоя содержит больше фосфолипидов, чем двухлетняя. Авторы [21] установили, что характер сезонных изменений фосфолипидов для разновозрастной хвои идентичен. Повышение и снижение концентрации фосфолипидов в хвое и почках в осенне-зимний период связаны с изменением структурной организации клетки.

Концентрация фракции гликолипидов в течение годового цикла сильно варьирует — от 6,6 до 14,1% суммы липидов. В сезонной динамике гликолипидов так же, как и во фракции фосфолипидов, наблюдаются явно выраженные два минимума и два максимума. Первый максимум приходится на август. Необходимо отметить, что в этот период для фракции фосфолипидов наблюдается явно выраженный минимум. Второй максимум приходится на декабрь — январь (13,6%). Снижение концентрации гликолипидов происходит с наступлением потепления и продолжается до начала лета, затем оно снова резко увеличивается. Еще один ярко выраженный минимум наблюдается в октябре — ноябре (17,1%).

В связи с тем, что основную массу липидов составляют так называемые нейтральные липиды, следующим этапом работы было определение их группового состава. Нейтральные вещества делились методом элюентной хроматографии. В качестве элюента использовался гексан и диэтиловый эфир с возрастающей концентрацией. Этим методом нейтральные липиды были разделены на углеводороды, свободные кислоты, глицериды и воск. Содержание этих веществ в хвое сосны (табл. 14) показывает, что основная часть нейтральных липидов представлена углеводородами, глицеридами и воскообразными веществами. Кислоты составляют около 2% суммы нейтральных липидов.

ТАБЛИЦА 14

Элюент	Группа веществ	Содержание, % нейтральных веществ
Гексан	Углеводороды	15,90
Гексан-эфир:		
99 : 1	Эфиры стерина	3,70
95 : 5	Триглицериды	1,05
92 : 8	Жирные кислоты	2,10
85 : 15	Диглицериды	10,70
Эфир	Моноглицериды	7,40
Изопропиловый спирт	Воск	27,60
Спирто-бензолная смесь	Вещества, извлекаемые смесью + потери	31,46

Из полученных результатов следует, что основная масса нейтральных липидов состоит из углеводородов. В эту фракцию входят терпеновые углеводороды, пигменты, витамины и другие простые и сложные углеводороды, выполняющие в растении разнообразные функции. Сезонная динамика углеводородов и других групп нейтральных липидов представлена на рис. 10.

Жирорастворимые витамины и пигменты древесной зелени. Среди физиологически важных соединений древесной зелени наибольшее значение имеют витамины, растворимые в органических растворителях. Многие авторы [29]

указывают, что в древесной зелени содержится значительное количество жирорастворимых витаминов. Важное место в этой группе витаминов занимают токоферол (витамин Е) и витамины группы К. Содержание токоферола в хвое повышается с увеличением возраста деревьев до определенного предела. Так, в хвое 80-летней сосны концентрация витамина Е ниже, чем в хвое деревьев 40-летнего возраста. Максимальное содержание токоферола наблюдается в летний период — 17,8 мг.%, в то время как в зимний период оно составляет 4,0 мг. % в расчете на сырую массу. Кора молодых побегов сосны, ели, пихты содержит небольшое количество этого витамина (в среднем от 0,4 до 0,9 мг. %). В более старой хвое витамина Е больше, чем в молодой.

С помощью хроматографии на бумаге проводилось идентифицирование токоферолов хвой. Было установлено присутствие только α -токоферола, обладающего наибольшей биологической активностью по сравнению с другими токоферолами.

В свежей сосновой хвое содержится 2 мг. % витамина К, в еловой 1,2 мг. %. Содержание этого витамина в коре и побегах почти на порядок ниже. Определено, что концентрация его зимой выше, чем летом. В листьях содержание витамина К увеличивается в течение вегетационного периода и достигает максимума перед их пожелтением. Для хвои сосны и лиственницы сибирской в проблемной лаборатории Сибирского технологического института определялось содержание и сезонная динамика витамина К (рис. 11).

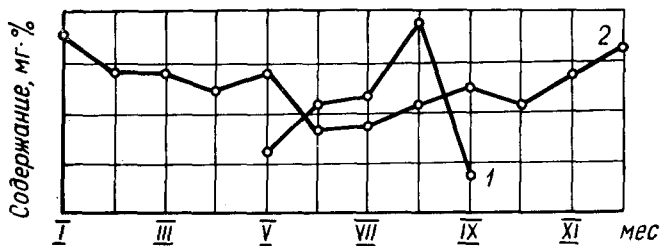


Рис. 11. Сезонная динамика витамина К в хвое:
1 — лиственница; 2 — сосна

Из литературных источников и результатов работ, выполненных в Сибирском технологическом институте, видно, что концентрация жирорастворимых витаминов в течение года изменяется и зависит от вида и возраста хвой. Эти материалы дают основание отнести древесную зелень к богатым источникам жирорастворимых витаминов. При практическом извлечении этих витаминов из зелени следует обоснованно выбирать хвою с точки зрения ее возраста, возраста дерева, времени года.

В решении проблемы комплексного использования лесных ресурсов важное место отводится древесной зелени, содержащей ценные биологически активные вещества. Она может стать источником каротиноидов, хлорофиллов, которые находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Практическая ценность этих веществ в настоящее время состоит в том, что они могут быть использованы как лекарственные или кормовые продукты [29].

Древесная зелень хвойных и лиственных деревьев является сырьем для получения хлорофилло-каротиновой пасты, витаминной муки, хлорофиллина натрия, спрос на которые возрастает с каждым годом. Это единственный вид натурального сырья, который можно применять в течение всего года. Поэтому при использовании древесной зелени в качестве сырья для получения биологически активных веществ необходимо знание их состава и изменений, происходящих в зависимости от различных условий.

Для исследования хвои различного возраста в зависимости от вегетационного периода авторами использовалась древесная зелень сосны (*Pinus silvestris*), ели сибирской (*Picea obovata*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*). Образцы брались с одних и тех же растущих деревьев в течение 1976—1977 гг. Пробы составляли из древесной зелени, взятой по высоте, а также по глубине кроны у нормально развитых растений. Количественное содержание каротина (табл. 15) и хлорофилла определялось калориметрически с использованием фотокалориметра ФЭК-56М по методу Д. И. Сапожникова.

ТАБЛИЦА 15

Время отбора пробы	Содержание каротина в древесной зелени сосны, мг. % к абс. сух. массе					
	Хвоя, годы				Кора	Древесина
	1	2	3	4		
Январь	21,31	22,10	23,17	21,32	1,27	0,17
Февраль	22,52	23,31	24,07	22,43	1,34	0,21
Март	19,68	20,09	21,23	19,77	1,21	0,09
Апрель	21,07	22,73	23,35	22,64	1,17	0,07
Май	19,31	19,56	20,71	20,04	0,94	Следы
Июнь	13,36	14,97	15,67	14,32	0,62	То же
Июль	9,06	10,23	10,99	9,57	0,51	»
Август	12,29	13,63	13,96	12,41	0,47	»
Сентябрь	13,61	15,22	15,87	14,07	0,63	»
Октябрь	18,17	19,05	20,53	18,38	0,78	»
Ноябрь	19,46	20,81	21,64	20,23	1,14	0,07
Декабрь	19,86	21,39	22,89	20,49	1,21	Следы
Среднегодовое значение	17,48	18,59	19,51	17,97	0,94	—

Содержание каротина сильно изменяется в пределах годового цикла. Наибольшая концентрация каротина в хвое сосны приходится на осенне-зимне-весенний период; минимум наблюдается в летние месяцы (июль 9,96 мг. %). В течение года количество каротина в хвое ели также изменяется, но сравнительно меньше, чем в хвое сосны (табл. 16).

Представляет интерес определение содержания каротина в других компонентах древесной зелени — коре и древесине. Из результатов определений (см. табл. 15 и 16) видно, что каротин в основном содержится в хвое, в коре его мало, а в древесине он отсутствует. В некоторых анализах отмечены следы каротина в побегах, что объясняется наличием небольших остатков коры после ее отделения.

ТАБЛИЦА 16

Время отбора пробы	Содержание каротина в древесной зелени ели, мг. % к абс. сух. массе					
	Хвоя, годы				Кора	Древесина
	1	2	3	4		
Январь	18,60	18,90	19,20	17,90	1,05	0,09
Февраль	17,90	18,90	19,10	18,30	0,97	Следь
Март	19,30	20,10	20,70	19,60	1,01	0,12
Апрель	21,10	22,70	22,90	21,60	1,23	0,21
Май	13,80	15,10	14,80	13,90	0,91	Следы
Июнь	11,90	13,10	13,80	12,20	0,47	То же
Июль	10,40	11,70	11,60	10,90	0,62	»
Август	11,10	12,70	12,90	11,60	0,54	»
Сентябрь	11,60	12,40	13,90	11,70	—	»
Октябрь	13,80	15,20	15,70	14,10	0,67	0,08
Ноябрь	14,80	16,40	16,90	15,20	0,85	Следы
Декабрь	17,40	20,10	19,30	18,10	0,98	0,11
Среднегодовое значение	15,14	16,44	16,73	15,43	0,77	—

Концентрация хлорофиллов А и Б в хвое сосны и ели изменяется в течение годового цикла, т. е. можно наблюдать несколько максимумов и минимумов. Наибольшее количество суммы хлорофиллов для хвои сосны (табл. 17) приходится на сентябрь (184 мг. %), для хвои ели (табл. 18) — на октябрь (200,67 мг. %).

В зависимости от возраста хвои для содержания хлорофилла существует такая же закономерность, как и для содержания каротина. Однако эти изменения проявляются в меньшей степени. Это видно на примере хвои ели. Со-

ТАБЛИЦА 17

Время отбора пробы	Содержание хлорофилла в древесной зелени сосны, мг. % к абс. сух. массе					
	Хвоя, годы				Кора	Древесина
	1	2	3	4		
Январь	149,47	152,41	153,30	150,23	11,37	0,39
Февраль	152,71	154,36	155,53	151,4	11,29	0,73
Март	132,03	137,33	135,46	134,09	10,90	0,92
Апрель	86,32	94,72	92,06	91,70	7,27	0,35
Май	100,73	105,92	106,57	101,23	10,32	0,54
Июнь	122,93	125,79	125,48	123,37	8,71	0,27
Июль	165,14	174,91	174,35	171,07	10,31	0,31
Август	158,72	165,68	164,98	161,03	12,11	0,42
Сентябрь	181,06	186,61	187,32	184,24	13,09	0,15
Октябрь	129,78	133,04	133,71	131,09	11,04	0,71
Ноябрь	109,63	114,07	115,24	112,53	8,22	0,62
Декабрь	118,33	122,91	123,83	120,44	7,87	0,28
Среднегодовое значение	133,90	138,98	139,99	136,03	10,22	0,47

Время отбора пробы	Содержание хлорофилла в древесной зелени ели, мг·% к асб. сух. массе					
	Хвоя, годы				Кора	Древесина
	1	2	3	4		
Январь	154,02	157,45	137,77	156,93	12,71	1,92
Февраль	112,31	116,17	117,91	114,29	14,23	0,76
Март	165,44	169,21	170,28	167,37	13,97	0,52
Апрель	175,76	178,68	179,42	176,71	15,16	0,71
Май	162,14	165,46	167,21	164,39	11,92	0,93
Июнь	141,68	145,83	147,29	143,07	10,14	0,84
Июль	150,88	154,28	156,03	153,93	9,07	0,52
Август	174,23	178,86	179,37	177,06	12,21	0,47
Сентябрь	181,51	186,33	186,41	187,24	14,37	0,62
Октябрь	197,63	201,42	203,26	200,35	22,16	0,91
Ноябрь	192,02	193,78	194,49	193,24	17,07	1,25
Декабрь	171,98	174,21	176,17	175,07	13,29	1,17
Среднегодовое значение	164,97	168,47	169,63	167,22	13,86	0,89

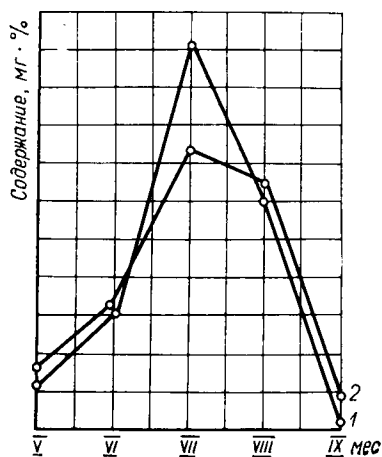


Рис. 12. Сезонная динамика пигментов в хвое лиственницы:
1 — хлорофилл; 2 — каротин

держание хлорофилла в других элементах древесной зелени, так же как и каротина, низкое. В древесине он практически отсутствует.

В хвое лиственницы сибирской находится значительное количество хлорофилла и других биологически активных компонентов. Содержание хлорофилла в хвое в начальный период вегетации невысокое и составляет 76 мг·%. Затем наблюдается накопление хлорофилла и каротина (рис. 12). Максимум накопления приходится на фазу полного развития в июле — августе. К осени концентрация пигментов снижается. Таким образом, кормовая ценность древесной зелени определяется содержанием биологически активных веществ.

ЭФИРНЫЕ МАСЛА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Терпеновые углеводороды. Основную часть соснового масла составляют монотерпеновые углеводороды, среди которых обнаружен α -пинен. В состав соснового эфирного масла входят следующие вещества, %: трициклен — 0,5; α -пинен — 30,8; камфен — 1,6; β -пинен — 10,7; β -мирцен — 1,9; Δ^3 -карен — 7,9; дипентен — 7,4; *p*-цимол — 0,1; β -фелландрен — 6,5; борнилацетат — 5,0; кадиныл и другие сесквитерпены — 7,3; остаток — 20. О сесквитерпеновых и кислород-

содержащих соединениях сведения практически отсутствуют. Сесквитерпены ели сибирской, сосны обыкновенной и кедра сибирского почти не изучались. То же касается и кислой части эфирных масел.

Нами в работе по исследованию эфирных масел были использованы различия в химических свойствах компонентов, входящих в их состав. Масла разделялись на группы веществ, сходных по химической природе (кислоты, фенолы, монотерпены, сесквитерпены, кислородсодержащие производные терпенов). Обращает на себя внимание тот факт, что эфирное масло сосны содержит сесквитерпеновых углеводов в 2 раза больше, чем в изученных породах (табл. 19). Концентрация кислородсодержащих соединений в древесной зелени пихты и ели в 2—3 раза выше, чем в сосне и лиственнице, а для зелени кедра в 5—9 раз. Содержание фенолов и кислот низкое и составляет менее 1% суммарного масла.

Во всех маслах в больших количествах содержится α -пинен (табл. 20). В сосновом и особенно в кедровом масле α -пинен является преобладающим компонентом. В пихтовом и еловом маслах содержится большое количество камфена, превышающее содержание в них α -пинена. Масла пихты и ели схо-

ТАБЛИЦА 19

Группы веществ	Содержание компонентов в хвойных эфирных маслах, % к маслу				
	<i>Pinus silvestris</i> Ldb	<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	<i>Abies sibirica</i> Ldb	<i>Picea obovata</i> Ldb	<i>Larix sibirica</i> Ldb
Кислоты	0,34	0,17	0,35	0,87	0,41
Фенолы	0,13	0,21	0,15	0,62	0,27
Монотерпены	75,26	90,37	60,48	71,36	84,95
Сесквитерпены	15,81	6,12	6,84	5,95	5,86
Кислородсодержащие производные терпенов	8,25	3,37	32,61	20,84	9,26

ТАБЛИЦА 20

Компоненты	Содержание монотерпенов в хвойных эфирных маслах, % к суммарному маслу				
	<i>Pinus silvestris</i> Ldb	<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	<i>Abies sibirica</i> Ldb	<i>Picea obovata</i> Ldb	<i>Larix sibirica</i> Ldb
Сантен	Следы		2,56	1,14	—
Трициклен	0,57	Следы	1,96	1,86	—
α -пинен	36,82	58,04	20,79	15,49	12,59
Камфен	4,27	1,91	23,10	19,32	Следы
β -пинен	6,55	5,08	2,86	5,46	8,58
Мирцен	3,96	1,36	0,22	2,60	0,51
Δ^3 -карен	10,43	1,00	7,83	13,10	53,11
Лимонен	7,08	11,41	6,56	9,60	5,00
β -фелландрен	3,94	10,80	3,16	1,67	3,03
γ -терпинен	Следы		—	—	0,36
Терпинолен	1,64	0,79	1,42	1,12	1,77
Всего монотерпенов	75,26	90,37	60,48	71,36	84,95

жи по количеству имеющихся в них сантена и трициклена. Кедровое масло отличается от масел других хвойных пород высоким содержанием в монотерпеновой части β -фелландрена и малым Δ^3 -карена. Большую часть эфирного масла лиственницы сибирской составляет Δ^3 -карен (62,51% суммы монотерпенов или 53,11% суммарного масла).

Предполагается, что для всех родов семейства Pinaceae имеется определенная очередность в генезисе монотерпенов (рис. 13). В условиях Прибайкалья у каждого из представителей рассматриваемых родов семейства сосновых процесс образования монотерпенов «тормозится» на определенной ступени биогенетической «лестницы»: у сосны — после α -пинена, у пихты — после борнилацетата, у ели процесс тормозится слабо, хвойное масло ели особенно бо-

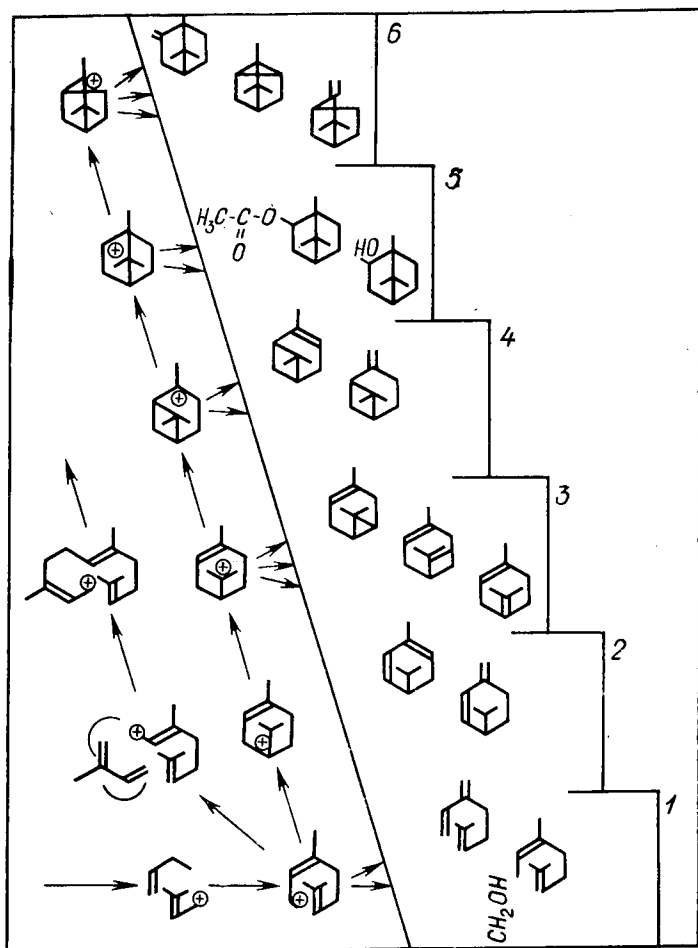


Рис. 13. Биогенетическая «лестница» монотерпенов в семействе Pinaceae: 1—6 — ступени «биогенетической лестницы»

гато камфеном и отличается наличием камфары. Считается, что у лиственницы процесс быстро доходит до конца, но затем благодаря образованию ингибиторов, или разрушению ферментов, или по другим причинам, после образования Δ^3 -карена — затормаживается.

Методом газожидкостной хроматографии установлен состав сесквитерпеновых углеводородов (табл. 21), в котором обнаружены моно-, би-, три- и тетрациклические углеводороды, относящиеся к различным структурным типам. Можно отметить значительное количество α -, γ -муроленов и кариофиллена для сесквитерпенов всех исследуемых масел. В сесквитерпенах эфирного масла сосновой древесной зелени большую долю составляют углеводороды «кадалиновой группы» (только α - и β -муролены составляют более 67% суммы сесквитерпенов).

ТАБЛИЦА 21

Компоненты	Содержание сесквитерпеновых углеводородов в хвойных эфирных маслах, % к маслу				
	Pinus silvestris Ldb	Pinus sibirica R. Mayr	Abies sibirica Ldb	Picea obovata Ldb	Larix sibirica Ldb
α -лонгипинен		Следы		0,22	Следы
Илаген	0,29	0,62	—	0,43	0,13
Лонгициклен	Следы	—	—	0,16	—
Изолонгифолен	—	—	—	Следы	0,11
Сибирен	0,12	Следы	1,13	0,1	Следы
Лонгифолен	0,12	0,35	0,31	1,76	0,33
X ₁	0,72	0,10	0,11	0,16	Следы
X ₂	—	—	Следы	—	0,13
Кариофиллен	2,08	0,45	1,76	0,66	1,02
X ₃	1,05	—	Следы	0,26	0,60
γ -муролен	2,12	0,82	0,29	0,41	0,83
α -муролен	8,49	—	1,13	—	—
β -гумулен	—	1,57	—	0,84	2,55
Бизаболен	—	1,86	3,08	0,75	Следы
δ -кадиан	0,74	0,21	—	0,04	—
X ₄	—	—	—	Следы	—
Не идентифицировано	1,77	0,10	0,11	0,54	0,78
Всего сесквитерпеновых углеводородов	15,81	6,12	6,84	5,95	5,86

Для древесной зелени кедр характерно высокое содержание бизаболена и β -гумулена наряду с углеводородами кадалинового типа (α - и γ -муролены, илаген, δ -кадинен). Особенно большое количество бизаболена обнаружено в хвойном масле пихты (44,99% суммы сесквитерпенов или 3,08% суммарного масла). Эфирное масло древесной зелени пихты отличается также наибольшим содержанием кариофиллена.

Основными компонентами сесквитерпенов древесной зелени лиственницы сибирской являются γ -муролен, β -гумулен и кариофиллен. Сесквитерпены эфирных масел ели имеют более равномерный состав и шире представлены углеводородами различных типов. Превалирующим компонентом среди них является лонгифолен (29,68% суммы сесквитерпенов). Обращает на себя вни-

манье отсутствие бизаболона в сосновом и лиственничном маслах, в то время как в сесквитерпенах пихты и кедра он является основным компонентом.

Таким образом, по содержанию отдельных сесквитерпенов эфирные масла изучаемых видов хвойных значительно различаются между собой. Результаты изучения качественного и количественного составов сесквитерпенов эфирных масел разных видов хвойных могут быть использованы в хемотаксономии.

Основную часть кислородсодержащих соединений (особенно в еловом и пихтовом маслах) составляет борнилацетат, мешающий определению других компонентов. На первой стадии его выделение проводили элюированием эфирных масел на окиси алюминия. В качестве элюента использовался петролейный эфир, остальные кислородсодержащие соединения извлекались этанолом. Качественный и количественный составы кислородсодержащих соединений, обнаруженных в хвойных маслах и полученных из древесной зелени, приведен в табл. 22.

ТАБЛИЦА 22

Компоненты	Содержание кислородсодержащих соединений в хвойных эфирных маслах, % к суммарному маслу				
	<i>Pinus silvestris</i> Ldb	<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	<i>Abies sibirica</i> Ldb	<i>Picea obovata</i> Ldb	<i>Larix sibirica</i> Ldb
Камфара	0,13	0,32	0,54	2,44	0,11
Изоборнеол	0,29	0,27	0,85	1,45	1,79
Борнеол	0,46	0,84	1,23	0,92	2,10
α -терпинеол	Следы	0,10	0,17	0,29	Следы
Борнилацетат	4,18	1,69	29,60	15,63	4,68
δ -кадинол	1,53	Следы	—	—	Следы
Бизаболол	1,13	Следы	—	—	—
Не идентифицировано	0,48	0,15	0,22	0,11	0,51
Всего	8,25	3,37	32,61	20,84	9,26

В масле из древесной зелени сосны обыкновенной обнаружены сесквитерпеновые спирты δ -кадинол и бизаболол. Их содержание составляет 2,66% масла при общем содержании кислородсодержащих соединений в нем 8,25%. Эти же спирты в следовых количествах присутствуют в хвойном масле кедра δ -кадинол — в масле лиственницы сибирской. Проведенные исследования показывают, что эфирные масла изучаемых видов хвойных существенно отличаются по содержанию и составу кислородсодержащих соединений.

Свободные кислоты эфирных масел древесной зелени. Свободные кислоты в небольших количествах всегда присутствуют в эфирных маслах и кислотное число является одним из общепринятых показателей, характеризующих качественный состав эфирного масла. Так, из эфирного масла борщевника шахристанского были выделены свободные кислоты в количестве около 1%. Среди них идентифицированы уксусная, изокаприловая, пеларгоновая, изокаприновая кислоты. Установлено присутствие свободных и связанных кислот в составе эфирного масла перовской узколистой. Насыщенные жирные кислоты от уксусной до лауриновой найдены среди компонентов эфирного масла.

розовой герани. Что касается хвойных эфирных масел, то при их исследовании кислая часть зачастую не отделяется. Поэтому исследование эфирного масла, выделенного из древесной зелени *Pinus silvestris*, произрастающей в Финляндии, было посвящено свободным кислотам. Содержание их вместе с фенолами составило около 3% масла; алифатические кислоты — 75,1, смоляные — 16,6%. Методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ), совмещенным с масс-спектроскопией, идентифицированы 34 жирные кислоты, основные из которых: пальмитиновая, лауриновая, линолевая, олеиновая, миристиновая. Смоляные кислоты представлены кислотами абиеинового и пимарового типов (всего 8 компонентов).

Из эфирных масел исследованных нами пород свободные кислоты выделены в количествах 0,17—0,87% суммарного эфирного масла. Кислотный характер выделенных фракций подтверждался спектрофотометрически после превращения их в соответствующие хлорангидриды, а затем гидроксамовые кислоты. Электронные спектры красных комплексов гидроксамовых кислот с железом (III) приведены на рис. 14. Во всех случаях в области 520—540 нм наблюдается характерное поглощение.

Большая часть свободных кислот представлена соединениями, метилирующимися метанолом. В табл. 23 приведен групповой состав свободных кислот эфирных масел древесной зелени. Наибольшее содержание смоляных кислот в суммарных кислотах для эфирного масла древесной зелени ели согласуется с молекулярной массой кислот, выделенных из эфирных масел других пород (табл. 24).

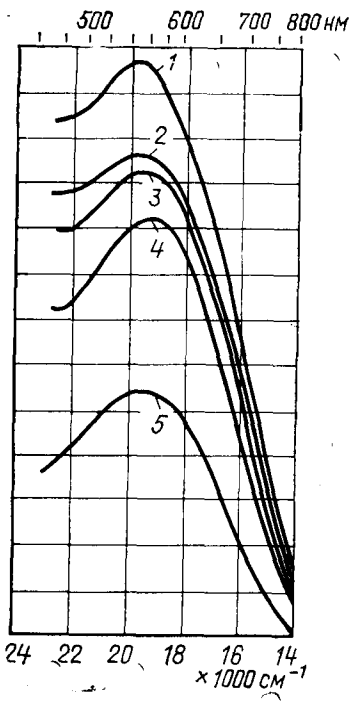


Рис. 14. Электронные спектры комплексов гидроксамовых кислот с железом (III):

1 — лиственницы сибирской; 2 — пихты сибирской; 3 — кедра сибирского; 4 — сосны обыкновенной; 5 — ели сибирской

ТАБЛИЦА 23

Порода дерева	Содержание кислот, % к фракции	
	метилирующихся метанолом	смоляных
<i>Pinus silvestris</i> Ldb	89,36	7,55
<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	86,10	7,32
<i>Abies sibirica</i> Ldb	85,50	7,22
<i>Picea obovata</i> Ldb	72,73	21,43
<i>Larix sibirica</i> Ldb	90,54	5,72

Состав кислот, метилирующихся метанолом, разнообразен (табл. 25). Среди них обнаружены предельные и непредельные жирные кислоты C_5 — C_{18} , а также ароматические. Для кислот, выделенных из эфирных масел всех пород, характерно высокое содержание лауриновой кислоты (17,77—29,07% в расчете на суммарные кислоты). Из ароматических кислот в значительных количествах присутствуют сиреневая и вератровая. Обнаружены также ароматические оксикислоты бензойного и коричневого типов (ванилиновая и кофейная).

ТАБЛИЦА 24

Порода дерева	Суммарные кислоты		Метилловые эфиры жирных кислот	
	Иодное число	Молекулярная масса	Иодное число	Молекулярная масса
<i>Pinus silvestris</i> Ldb	16,10	192,2	10,31	181,1
<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	20,45	173,0	7,55	175,3
<i>Abies sibirica</i> Ldb	17,57	179,0	10,44	192,6
<i>Picea obovata</i> Ldb	18,68	232,1	11,21	187,0
<i>Larix sibirica</i> Ldb	12,65	169,2	6,17	264,1

ТАБЛИЦА 25

Кислота	Состав кислот, метилирующихся метанолом, % к фракции				
	<i>Pinus silvestris</i> Ldb	<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	<i>Abies sibirica</i> Ldb	<i>Picea obovata</i> Ldb	<i>Larix sibirica</i> Ldb
Глутаровая	Следы			0,21	—
Адипиновая	0,16	0,19	0,10	0,38	—
Пеларгоновая	0,58	0,87	0,88	3,69	14,03
Каприновая	21,77	3,08	6,41	10,16	18,66
Ундекановая	4,51	9,35	4,61	1,87	3,11
Лауриновая	29,07	23,13	28,71	17,77	28,21
Себацциновая	7,08	8,35	5,83	3,98	1,43
Тридекановая	0,23	—	0,35	0,34	0,42
Миристиновая	6,72	3,67	6,07	5,76	4,75
Ванилиновая	1,62	1,29	2,50	2,61	1,19
Кофейная	0,23	Следы	0,30	0,37	0,30
Сиреневая + вератровая	9,26	6,66	9,71	13,15	8,85
Маргариновая	Следы		1,59	Следы	—
Линоленовая	1,79	1,74	1,94	2,23	Следы
Линолевая + олеиновая	5,90	6,33	6,68	9,97	3,05
Стеариновая	Следы				
Неидентифицированы	11,08	35,34	22,34	27,51	12,83

Кислоты древесной зелени ели отличаются более высоким содержанием непредельных кислот (12,57%) по сравнению с другими породами. Среди кислот соснового и лиственничного эфирных масел большую долю составляет каприновая (21,77 и 18,60% соответственно), в то время как в кислотах из других пород ее содержание колеблется в пределах 3—10%. Кислоты эфирного масла древесной зелени лиственницы сибирской отличаются высоким содержанием пеларгоновой (14,03) и самым низким количеством непредельных кислот C_{18} (3,05).

Смоляные кислоты всех исследуемых пород примерно наполовину представлены абиетиновой кислотой (табл. 26). Эта кислота, являясь более устойчивой, образовалась в результате изомеризации первичных смоляных кислот в процессе выделения эфирных масел.

ТАБЛИЦА 26

Кислота	Состав смоляных кислот, % к фракции				
	<i>Pinus silvestris</i> Ldb	<i>Pinus sibirica</i> R. Mayr	<i>Abies sibirica</i> Ldb	<i>Picea obovata</i> Ldb	<i>Larix sibirica</i> Ldb
Пимаровая	6,92	8,61	32,76	10,37	15,22
Изопимаровая	14,27	13,81	12,75	25,24	29,47
Абиетиновая	48,37	57,11	44,63	51,41	40,22
Дегидроабиетиновая	8,52	9,93	—	9,35	3,65
Не идентифицированы	21,92	10,54	9,86	3,63	11,44

Дополнительная информация о составе кислот хвойных эфирных масел получена при анализе ИК-спектров отдельных групп кислот (суммарных, смоляных и метиловых эфиров жирных кислот). Соответствующие спектры приведены на рис. 15. Во всех спектрах в области 2800—3000 см⁻¹ отмечены интенсивные валентные колебания С—Н алкильных радикалов. Широкая зона поглощения гидроксильных групп, смещенная в низкочастотную область 2500—3000 см⁻¹, а также сильное поглощение в области 1710 см⁻¹, соответ-

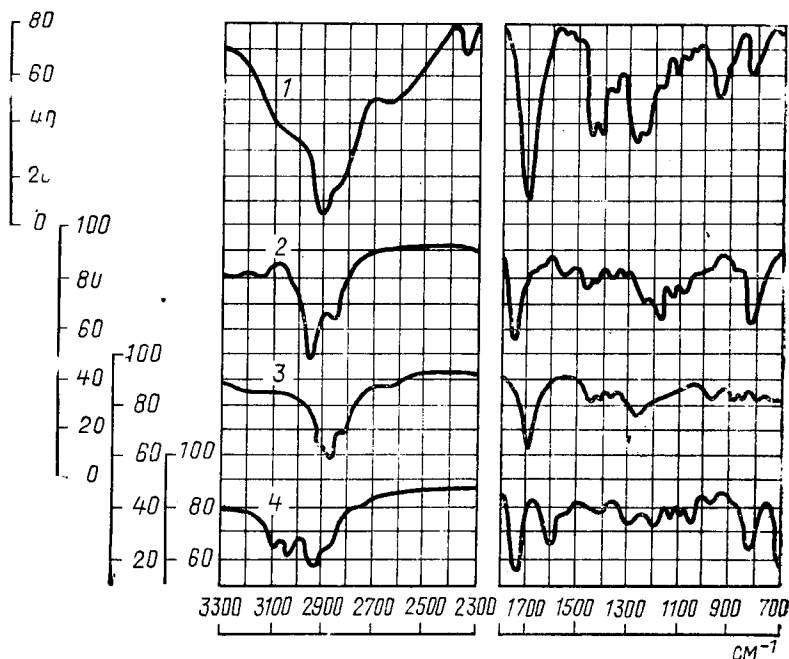


Рис. 15. ИК-спектры свободных кислот: 1 — суммарные кедр сибирского; 2 — метиловые эфиры кедр сибирского; 3 — трудноэтерифицируемые пихты сибирской; 4 — смоляные кедр сибирского

ствующее колебаниям С—О групп, свидетельствует о наличии в суммарных и смоляных кислотах карбоксильных групп, образующих прочные водородные связи. При метилировании кислот (ИК-спектр метиловых эфиров жирных кислот) характеристическая полоса поглощения карбонила сдвигается в сторону больших частот (1755 см^{-1}) и интенсивность ее несколько снижается, что характерно для сложных эфиров.

Полосы валентных колебаний водорода, связанного с sp^2 гибридованными углеродными атомами, образуют лишь плечо на коротковолновой стороне соседней интенсивной полосы валентных колебаний с sp^3 —H, что подтверждает предельный характер кислот, особенно жирных. На несколько большую «ненасыщенность» суммарных кислот по сравнению с жирными указывают и значения их йодных чисел (см. табл. 24).

Результаты исследования свободных кислот хвойных масел методами инфракрасной и электронной спектроскопии согласуются с результатами газохроматографического анализа и подтверждают правильность идентификации их методом ГЖХ.

Фенолы эфирных масел древесной зелени. Простейшие фенольные соединения (собственно фенголы) не являются характерными для растительного организма, однако в небольших количествах они также встречаются в растениях. Так, в эфирном масле сосны обыкновенной, произрастающей в Финляндии,

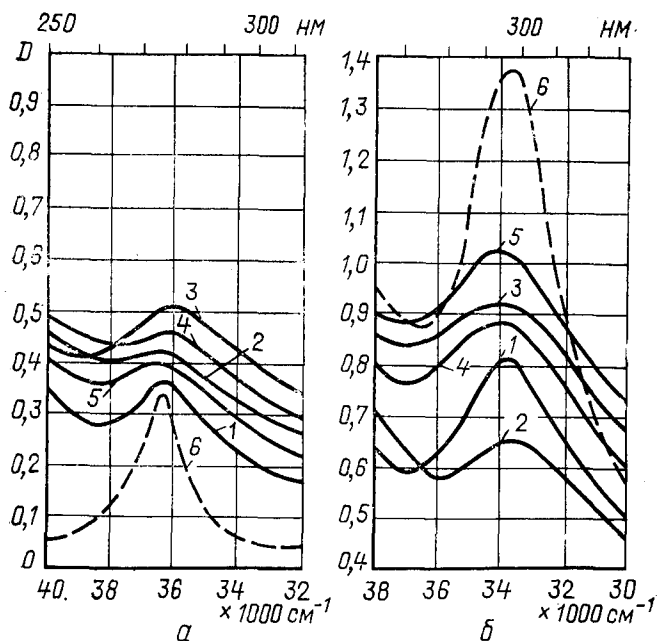


Рис. 16. УФ-спектры фенолов эфирных масел:

а — в спирте; б — в спиртовом растворе щелочи; 1 — сосна обыкновенная; 2 — кедр сибирский; 3 — пихта сибирская; 4 — ель сибирская; 5 — лиственница сибирская; 6 — фенол

Фенол	ОВУ	Содержание фенолов хвойных эфирных масел, %				
		Pinus silvestris Ldb	Pinus sibirica R. Mayr	Abies sibirica Ldb	Picea obovata Ldb	Larix sibirica Ldb
Феиол	0,48	0,53	0,44	0,30	0,58	—
X ₁	0,54	1,85	1,30	1,04	0,33	—
о-Крезол	0,58	1,65	1,24	1,54	0,65	Следы
м-Крезол	0,59	3,50	6,98	5,73	3,09	9,11
п-Крезол	0,64	1,91	1,02	1,91	2,26	0,11
Гваякол	0,68	—	—	1,08	1,84	0,12
X ₂	0,70	—	0,98	0,52	—	—
2, 4-Диметилфенол	0,73	0,73	1,07	1,13	1,52	0,65
2, 6-Диметилфенол	0,75	Следы	0,86	5,87	3,01	Следы
X ₃	0,77	—	0,36	—	0,25	—
X ₄	0,79	—	0,32	—	0,29	—
2, 5-Диметилфенол + + этилфенол	0,82	0,97	0,58	3,36	0,58	0,67
3, 5-Диметилфенол	0,86	3,22	Следы	8,90	12,26	Следы
2, 3-Диметилфенол	0,88	4,45	4,30	7,84	6,70	13,93
X ₅	0,90	—	2,60	8,71	5,26	—
Изопропилфенол	0,92	8,63	Следы	—	—	11,30
Пирокатехин	0,93	4,86	13,82	8,72	1,11	Следы
Гидрохинон	1,00	7,05	5,54	1,67	2,16	8,41
трет-Бутилфенол	1,05	8,60	5,28	4,11	1,36	24,44
втор-Бутилфенол	1,09	8,63	4,78	—	2,87	—
2, 4, 6-Триметилфенол	1,11	2,05	2,74	9,31	5,79	—
Резорцин	1,13	1,46	4,48	5,64	4,07	18,69
2-Метилрезорцин	1,17	2,44	1,71	9,85	5,63	—
3, 4, 5-Триметилфенол	1,19	—	0,55	Следы	5,26	—
X ₆	1,25	—	0,50	—	—	—
п-н-Бутилфенол	1,26	1,81	1,55	1,99	3,54	—
X ₇	1,27	3,60	1,26	3,10	—	—
Диметилрезорцин	1,31	3,29	0,96	2,37	4,43	—
X ₈	1,33	—	0,92	2,00	—	—
Этилрезорцин	1,38	2,19	3,62	1,05	—	0,25
2, 4-ди-трет-Бутилфе- нол	1,41	0,44	5,92	—	—	—
X ₉	1,45	0,81	1,50	0,24	5,00	—
β-Нафтол	1,48	0,85	2,81	0,16	2,44	0,47
X ₁₀	1,51	—	0,74	—	—	—
X ₁₁	1,52	1,95	2,53	0,20	4,94	—
α-Нафтол	1,57	4,08	1,52	0,39	2,92	1,43
Пентамстилфенол	1,63	2,33	0,71	0,17	1,97	—
X ₁₃	1,64	1,89	1,09	0,93	0,66	—
X ₁₄	1,70	3,97	Следы	—	2,94	—
п-Циклогексилфенол	1,72	—	1,46	—	—	0,52
X ₁₅	1,74	3,79	0,91	—	1,85	—
2-Бензилфенол	1,77	3,19	1,35	—	0,36	—
X ₁₆	1,84	1,36	0,36	—	1,90	—
X ₁₇	1,88	—	2,58	—	—	—
4-Бензилфенол	1,90	—	2,94	—	—	—

были найдены следы о-, м-, п-крезолов; в эфирном масле *artemisia procera* обнаружены эвгенол (0,2%) и тимол (0,1%). Авторами проводилось исследо-

вание фенолов эфирных масел древесной зелени некоторых сибирских хвойных пород. Установлено, что содержание фенолов в этих маслах очень невелико, %: *Pinus sibirica* R. Mayr — 0,21; *Pinus silvestris* Ldb — 0,13; *Picea obovata* Ldb — 0,62; *Abies sibirica* Ldb — 0,15; *Larix sibirica* Ldb — 0,27. Фенольный характер выделенных веществ подтверждается также УФ-спектрами их растворов в спирте и спиртовом растворе щелочи (рис. 16). В УФ-спектрах фенолов, выделенных из эфирных масел, наблюдается отчетливый максимум поглощения в области 273—275 нм, соответствующий полосе переноса электронов. Ионизация фенола в спиртовом растворе щелочи приводит к образованию заряда в молекуле, а следовательно, делает более легким переход фенолят-иона из основного в возбужденное состояние, происходит bathochromный сдвиг максимума поглощения. Появление третьей несвязывающей орбитали (в случае фенолят-иона) повышает вероятность $p \rightarrow \pi^*$ перехода атома кислорода, т. е. перехода иона в возбужденное состояние, что ведет к увеличению интенсивности поглощения — гиперхромному эффекту.

Качественный и количественный состав фенолов хвойных эфирных масел определялся методом ГЖХ (табл. 27). Среди фенолов соснового эфирного масла в значительных количествах содержатся гидрохинон, изопропилфенол, трет-бутилфенол, втор-бутилфенол, β -нафтол. Обращает на себя внимание повышенное содержание пирокатехина (13,82%), м-крезола и 2,4-ди-трет-бутилфенола в суммарных фенолах эфирного масла кедра сибирского по сравнению с маслами других пород. Основными компонентами фенолов пихтового масла являются 3,5-диметилфенол, 2,3-диметилфенол, пирокатехин, 2, 4, 6-триметилфенол и 2-метилрезорцин. Фенолы ели отличаются значительным количеством 3,5-диметилфенола (12,26%). Для фенолов эфирного масла лиственницы сибирской характерно меньшее разнообразие состава. На долю шести компонентов (трет-бутилфенол, резорцин, 2,3-диметилфенол, изопропилфенол, м-крезол, гидрохинон) приходится около 86% всей фракции фенольных веществ. Таким образом, приведенные результаты показывают, что качественный состав фенолов эфирных масел заметно зависит от вида хвойных.

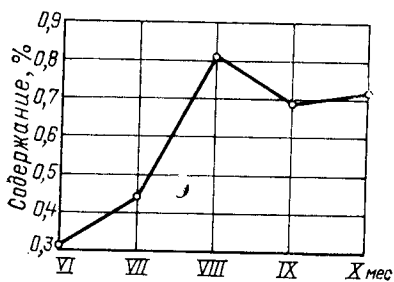
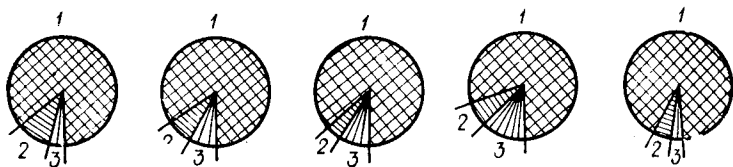


Рис. 17. Сезонная динамика содержания эфирного масла в древесной зелени лиственницы сибирской

Рис. 18. Сезонные изменения содержания в эфирном масле древесной зелени лиственницы сибирской: 1 — монотерпенов; 2 — сесквитерпенов; 3 — кислородсодержащих соединений; круг — месяц VI—X



Сезонная динамика содержания и состава эфирного масла. Содержание эфирного масла в хвое и побегах зависит от многих факторов внешней среды (влажности воздуха, освещенности кроны, плодородия почвы), а также от вида сырья, из которого извлекается масло. Поскольку хвоя лиственницы сибирской сезонна, нами изучались качественные и количественные изменения эфирного масла из древесной зелени лиственницы в течение периода вегетации. При этом было установлено (рис. 17), что к концу периода вегетации происходит накопление эфирного масла. Различия в содержании эфирного масла в древесной зелени лиственницы сибирской в сентябре и октябре являются несущественными. Компонентный состав эфирного масла изучался методом ГЖХ (табл. 28). Динамика содержания монотерпенов, сесквитерпенов и кислородсодержащих соединений в эфирном масле изображена на рис. 18.

Таким образом, полученные результаты указывают на то, что в течение периода вегетации изменяется не только содержание эфирного масла в древесной зелени, но и соотношение отдельных его компонентов.

Т А Б Л И Ц А 28

Компоненты	Содержание монотерпенов, сесквитерпенов и кислородсодержащих соединений в эфирном масле, % в зависимости от времени отбора образца				
	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Трициклен	—	0,80	Следы	—	—
α-Пинен	26,55	30,08	16,53	9,98	19,76
Камфен	2,03	2,51	1,80	0,68	1,98
β-Пинен	17,26	12,80	15,26	7,94	9,51
Мирцен	1,80	2,01	1,15	1,65	1,42
Δ ³ -Карен	29,87	22,40	43,12	51,07	49,95
Лимонен	4,63	6,02	3,10	2,75	2,81
β-Фелландрен	8,44	7,31	5,92	2,57	4,66
γ-Терпинен	0,50	0,80	0,72	Следы	0,48
Терпинолен	1,68	0,94	2,31	2,27	1,74
Итого монотерпенов	87,56	85,67	89,91	78,91	92,31
Камфара	0,91	2,15	0,84	1,12	0,26
Борнеол + изоборисол	0,74	0,86	1,15	3,97	0,44
Борнилацетат	1,92	3,87	3,22	5,78	1,92
Прочие кислородсодержащие соединения	0,24	0,70	1,51	2,35	0,21
Итого кислородсодержащих соединений	3,81	7,58	6,72	13,22	2,83
Кариофиллен	1,93	1,28	0,68	1,83	2,01
γ-Муролен	0,89	1,17	0,54	1,24	0,26
α-Муролен	2,96	2,48	1,11	2,83	1,65
Прочие сесквитерпены	2,85	1,82	1,04	1,97	0,94
Итого сесквитерпенов	8,63	6,75	3,37	7,87	4,86

УГЛЕВОДЫ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Состав и содержание моно- и олигосахаров в древесной зелени. На содержание углеводов и их динамику влияют климатические, географические

условия, порода дерева, возраст хвои и другие факторы. Так, изучение суммы растворимых углеводов показало, что содержание их в побегах и хвое наибольшее в январе и феврале. К весне наблюдается резкое снижение количества углеводов; к концу августа и в сентябре происходит увеличение их концентрации. В этот период их содержание удваивается. Начиная с августа резко возрастает количество дисахаридов, а в сентябре, перед наступлением состояния покоя, оно превышает летнее в 10—12 раз. Также было установлено, что в хвое и побегах кедра и пихты в зимний период преобладает накопление моносахаридов. В побегах и хвое сосны, ели и лиственницы сибирской процессы накопления обеих форм углеводов идут равномерно.

В содержании углеводов в хвое ели, произрастающей в Карелии, наблюдается два явно выраженных максимума: в январе и июне. Они присущи хвое разного возраста. Для побегов хвои ели определенной закономерности установить не удалось. В хвое ели во все сезоны года преобладают три-тетрасахара. Максимальная концентрация их приходится на ноябрь — январь (12—17%), минимальная — на июль (4%). Количество моно- и дисахаров в хвое и побегах ели в годовом цикле подвергается большим изменениям. Максимальное содержание моносахаров у хвои ели отмечается в январе, минимальное — в июне, в период интенсивного роста. Сравнивая содержание моносахаридов и дисахаридов, можно отметить, что в течение года моноз больше чем диоз. Максимум моносахаров соответствует минимуму дисахаров. Изменение содержания моносахаров в течение года происходит плавно — от низкого содержания в июне к новому подъему к осени; изменение же содержания дисахаров — чаще, что указывает на большую лабильность данной формы углеводов.

Появление хроматографических методов анализа позволило определить индивидуальные сахара в различных тканях древесной зелени. Анализ низкомолекулярных углеводов в хвое сосны обыкновенной в ходе годичного цикла показывает (табл. 29) [22], что постоянными компонентами суммарных низкомолекулярных углеводов являются ксилоза, фруктоза, глюкоза, сахароза, мелибиоза, рафиноза.

Т А Б Л И Ц А 29

Время отбора пробы	Содержание сахаров в хвое сосны обыкновенной, % абс. сух. массы					
	Глюкоза	Фруктоза	Сахароза	Мелибиоза	Рафиноза	Стахноза
Январь	1,02	1,25	4,38	0,29	5,03	0,56
Февраль	0,54	0,33	2,08	0,13	2,45	0,27
Март	1,07	1,55	0,48	0,40	4,06	0,22
Апрель	0,34	1,09	2,04	0,10	1,43	0,09
Май	0,47	1,00	3,02	—	0,35	—
Июнь	0,59	1,38	2,78	0,06	0,50	—
Июль	1,14	2,40	2,31	0,12	0,34	—
Август	0,79	1,64	4,76	—	0,15	—
Сентябрь	0,86	0,81	4,83	0,13	0,74	—
Октябрь	1,24	1,56	3,41	0,48	3,18	0,13
Ноябрь	1,26	0,99	1,24	0,43	1,71	0,21
Декабрь	0,9	0,48	2,54	0,25	4,23	0,50

В условиях Красноярской лесостепи в течение большей части годичного цикла у хвои сосны обыкновенной в составе моноз преобладает фруктоза. Лишь в отдельные сроки наблюдений зимой содержание ее становится ниже

или равным содержанию глюкозы. Для каждого из углеводов характерна индивидуальная динамика в ходе годового цикла. Это связано со специфичными функциями, выполняемыми отдельными сахарами, и с различными метаболическими циклами, в которых они участвуют.

В течение года наблюдается три максимума (в марте, июле, октябре) содержания фруктозы. Содержание глюкозы в течение года в хвое изменяется от 1,26% абс. сух. массы в октябре и ноябре до 0,34% в апреле. Запас свободной глюкозы в хвое невелик, что свидетельствует о ее большой метаболической активности. Аналогичные изменения концентрации глюкозы наблюдали для *Pinus strobus*, *Pinus nigra* и *Pinus mugo* [28]. Концентрация сахарозы в хвое значительно выше по сравнению с монозами в течение почти всего года.

Для периода глубокого и вынужденного покоя характерен большой набор олигосахаров и более высокое содержание их по сравнению с периодом роста побегов. Это объясняется высвобождением их от синтезов. В период роста число олигосахаров минимальное; они утилизируются при синтезе новых веществ. Обнаружено, что в течение вегетационного периода в однолетней хвое как в чистых, так и смешанных с березой культурах, присутствуют одни и те же моно- и олигосахара. Из моноз отмечены глюкоза и фруктоза, дисахариды представлены сахарозой, а трисахарид — раффинозой. Содержание моносахаридов в хвое превышает содержание ди- и трисахаридов, при этом раффиноза присутствует в течение всей вегетации. Содержание сахарозы, являющейся основной транспортной формой сахаров, составляет 30—40% всей суммы сахаров хвои. Количество фруктозы в хвое сосны в 2—4 раза превышает содержание глюкозы.

Изучение суточной динамики растворимых сахаров (рис. 19) показало, что в течение 24 ч происходят значительные изменения содержания различных групп растворимых углеводов. Наибольшим колебаниям в суточном цикле подвергается содержание глюкозы. В целом же сумма сахаров в течение суток изменяется незначительно. Суточные колебания отдельных сахаров свя-

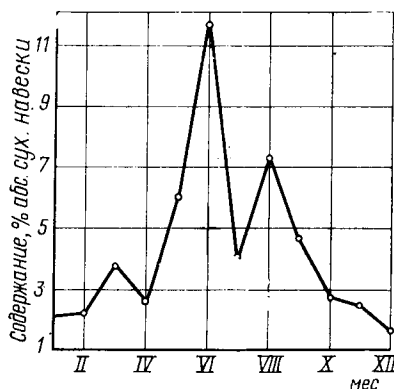
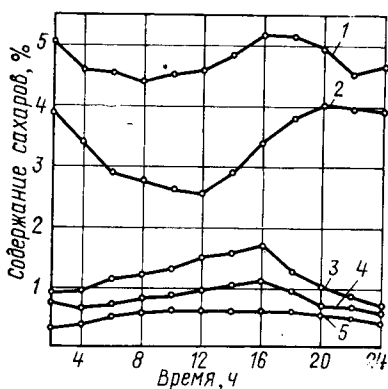


Рис. 19. Суточная динамика низкомолекулярных углеводов в хвое сосны обыкновенной:

1 — сумма сахаров; 2 — сахароза; 3 — сумма моноз; 4 — глюкоза; 5 — фруктоза

Рис. 20. Годичная динамика крахмала в хвое сосны

заны с переходом моноза~~ра~~ сахароза, о чем свидетельствует ход изменений концентрации сахарозы и суммы моноз. Отрицательная корреляция моноз и сахарозы прослеживается и в годичной динамике углеводов [28].

Полисахариды древесной зелени. Высокомолекулярные углеводы — составная часть древесных растений. Они являются конечными продуктами фотохимического синтеза зеленых растений, участвуют в построении структур, служат исходным материалом для биосинтеза соединений других классов. Полисахариды важны в обмене веществ у растений; так, крахмал является распространенным запасным углеводом, не будучи химически индивидуальным веществом. В растениях он находится в виде крахмальных зерен, различающихся по химическому составу и свойствам даже в одном и том же растении.

Годичную динамику содержания крахмала в хвое и корнях в условиях резко континентального климата изучали Г. В. Осетрова [22]. В содержании крахмала в хвое ею было обнаружено два максимума и два минимума. Максимумы приходятся на июнь и август; минимум зимний — на декабрь и летний — на июль. Максимумы содержания крахмала во многих случаях совпадают с минимальным содержанием сахарозы в хвое. Годичную динамику содержания крахмала в хвое и молодых побегах сосны обыкновенной в подобных же условиях изучала Н. Е. Судачкова [28]. Максимум его содержания приходится на июнь. В июле содержание крахмала резко снижается и затем идет его незначительное повышение. Минимум приходится на декабрь (рис. 20). В молодых побегах сосны обыкновенной максимум содержания крахмала наблюдается также в июне.

Содержание крахмала в хвое в зависимости от возраста сильно изменяется. Концентрация крахмала в однолетней, растущей хвое остается сравнительно низкой в течение всего срока вегетации, в хвое других возрастов она изменяется по одной закономерности. Максимум содержания запасного углевода для двухлетней и четырехлетней хвои ели приходится на июнь, на период интенсивного роста побегов. Максимальное накопление крахмала в период интенсивного роста в хвое четвертого года связано с ее высокой фотосинтетической деятельностью и снижением в это время потребления крахмала другими органами растения.

Изучение динамики крахмала в побегах пихты для условий Карелии показало, что максимальное содержание крахмала приходится на период интенсивного роста (25—30% массы побегов). Минимум содержания его составил 5%. Для побегов пихты отмечено два выраженных минимума содержания крахмала. Первый в июле — августе, второй в декабре — феврале в период перехода из глубокого покоя в вынужденный. Для хвои лиственницы сибирской максимум количества крахмала наблюдается в конце июля — начале августа; в побегах лиственницы содержание крахмала также имеет один максимум. Динамика углевода показывает, что одновременно с повышением количества сахаров в зимний период снижается содержание крахмала в хвое. В декабре и январе у ели он отсутствует как в хвое, так и в побегах, а у сосны зимой сохраняется в побегах. Увеличение содержания крахмала начинается с марта и достигает максимальной величины в хвое и побегах к июню. После прекращения роста побегов наблюдается некоторое повышение уровня крахмала, т. е. наступает второй осенний максимум [28]. В областях с уме-

ренными температурами характерно осеннее накопление крахмала для многих растений, в том числе и для хвойных.

Из приведенных данных следует, что в районах с резко континентальным климатом имеется один максимум содержания крахмала как в хвое, так и в побегах, второй максимум либо отсутствует, либо слабо выражен. В этих районах вегетационный период короткий и образование древесины протекает быстро. Период низких температур не дает возможности накопления запасного углевода — крахмала. С понижением температуры крахмал превращается в сахар. Эти данные подтверждаются многими исследованиями, свидетельствующими о возрастании активности ферментов, осуществляющих распад крахмала с наступлением зимы.

Кроме крахмала к высокомолекулярным углеводам относятся гемицеллюлозы и целлюлоза. Для хвой сосны содержание целлюлозы, определенной по способу Кюршнера, составляет 31,7% массы абс. сух. навески, для древесины побегов 43,5% и коры побегов 17,5%. Наибольшее количество целлюлозы содержится в древесине ствола как у сосны, так и у ели; в хвое и коре тонких веточек ее почти в 3 раза меньше.

Содержание целлюлозы в хвое сосны в течение вегетации колеблется от 15,7 до 22%. В целом увеличение содержания целлюлозы в молодой хвое завершается к середине июля, после чего оно держится на стабильном уровне. Некоторое снижение количества целлюлозы к осени может быть следствием увеличения концентрации других веществ. Таким образом, количество целлюлозы в древесной зелени хвойных мало зависит от различных факторов.

Методом количественной бумажной хроматографии исследован углеводный состав гидролизатов легко- и трудногидролизуемых полисахаридов хвой сосны в период покоя (табл. 30). В гидролизатах легкогидролизуемых полисахаридов хвой присутствуют как гексозные, так и пентозные сахара, содержание которых соответственно 54 и 46% абс. сух. массы. Из гексоз в гидролизатах преобладает манноза, из пентоз — арабиноза.

По количественному составу легкогидролизуемые сахара хвой сосны несколько отличаются от состава сахаров гемицеллюлоз хвой сосны, произрастающей в Ленинградской обл. По результатам наших исследований глюкоза составляет 17,9% массы общих сахаров, а для легкогидролизуемых полисахаридов хвой сосны, произрастающей в Ленинградской обл., 29,9%, в то время как арабиноза — 31,3% и 16,7% соответственно.

ТАБЛИЦА 30

Месяц	Содержание гидролизатов легкогидролизуемых полисахаридов хвой сосны, % абс. сух. массы								
	Глюкоза	Галактоза	Манноза	Всего гексоз	Ксилоза	Арабиноза	Всего пентоз	Всего сахаров	Сумма сахаров, расчетная
Октябрь	2,42	1,22	3,18	6,82	1,85	4,25	6,10	12,92	13,51
Ноябрь	2,44	1,18	3,46	7,08	1,64	4,09	5,73	13,11	13,30
Декабрь	2,24	1,43	3,76	7,14	1,72	4,13	5,83	12,99	13,10
Январь	2,83	1,49	2,76	7,08	1,86	4,02	5,88	12,96	12,30
Февраль	2,21	1,47	2,86	6,54	2,04	3,98	6,02	12,56	13,25
Март	2,44	1,23	3,25	6,92	1,69	3,87	5,56	12,48	12,54

В гидролизатах трудногидролизуемых полисахаридов хвои сосны преобладают в основном гексозы (96%). Пентозы представлены ксилозой, содержание которой незначительное и составляет всего около 2% абс. сух. массы (табл. 31).

ТАБЛИЦА 31

Месяц	Содержание гидролизатов трудногидролизуемых полисахаридов хвои сосны, % абс. сух. массы					
	Глюкоза	Манноза	Всего гексоз	Ксилоза	Всего сахаров	Сумма сахаров, расчетная
Октябрь	17,64	2,58	20,22	1,82	22,04	21,74
Ноябрь	18,08	2,42	20,50	2,01	22,51	23,88
Декабрь	18,10	2,47	20,57	2,02	22,59	22,37
Январь	17,64	2,02	19,66	1,76	21,42	21,43
Февраль	18,02	2,17	20,19	1,92	22,11	21,95
Март	19,95	2,36	20,32	1,91	22,23	23,46

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Мономерные фенольные соединения. Растительные фенольные соединения представляют собой обширную группу органических веществ, весьма неоднородных по составу и химическому строению. Основным критерием, по которому отличают эти соединения от других подобных природных веществ, является наличие фенольного гидроксила.

Выход экстрактивных веществ из хвои некоторых видов очень высок (табл. 32). Из табл. 32 видно, что содержание свободных фенолов (экстракт диэтилового эфира) значительно ниже, чем их гликозидированных форм (экстракт бутилового спирта). Наибольшее содержание свободных фенолов находится в хвое пихты сибирской (2,42% абс. сух. хвои), наименьшее — в хвое лиственницы сибирской (0,11%). Высокое содержание гликозидированных форм фенолов имеет хвоя лиственницы и пихты.

Из простейших фенольных соединений широко распространены природные фенолоксислоты. В хвое сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L) содержится

ТАБЛИЦА 32

Хвоя	Сумма экстрактивных веществ (метанольный экстракт)	Фракции экстракта, % абс. сух. хвои	
		эфирная	бутанольная
Ель сибирская	18,5	0,83	3,7
» аянская	17,7	0,57	4,8
» корейская	17,5	0,36	3,6
Сосна обыкновенная	22,9	0,44	2,2
» сибирская	25,9	0,33	6,05
Лиственница сибирская	29,0	0,11	14,0
» даурская	29,2	0,23	13,2
Пихта сибирская	29,7	2,42	9,8
» даурская	29,6	0,19	11,8

протокатеховая, кофейная и хлорогеновая кислоты. Исследование фенолокислот хвой некоторых видов Pinaceae, произрастающих на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, показало наличие в основном кислот оксibenзойного типа (табл. 33). Особенно широко распространена п-оксибензойная кислота. Фенолокислоты хвой лиственницы сибирской и лиственницы даурской имеют одинаковый качественный составы. Здесь присутствуют п-окси-, гваяцильный и сиреневый типы замещения. Необычным является наличие в хвое лиственницы сиреневой кислоты.

ТАБЛИЦА 33

Хвоя	Фенолокислоты											
	оксibenзойные						оксикоричные					
	п-окси-бензойная		ванилиновая		протокатеховая		сиреневая		п-кумаровая		феруловая	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Пихта сибирская	+	+	+	+	—	+	—	—	+	—	—	—
» белокорая	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	—	—
Ель сибирская	—	+	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+
» корейская	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	—
» аянская	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+
Лиственница сибирская	—	+	—	+	—	—	—	+	+	—	—	—
Лиственница даурская	—	+	—	+	—	—	—	+	+	—	—	—
Сосна обыкновенная	+	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+
» сибирская	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+	+

Примечание: а — свободные фенолокислоты, б — глюкозид фенолокислоты.

У древесины некоторых видов семейства Pinaceae фенолокислоты представлены общераспространенными, типичными для хвойных растений оксibenзойными кислотами — п-оксибензойной, протокатеховой и ванилиновой. Широко распространены ванилин и кониферилловый альдегид. Вератровая кислота и альдегид характерны для пихты.

В коре пихты белокорой в основном содержатся п-оксизамещенные кислоты: п-кумаровая и п-оксибензойная; в коре сосны — протокатеховая, в коре кедра — ванилиновая. Значительное содержание ванилиновой кислоты в коре кедра подтверждает вывод о высоком уровне развития метилирующей ферментной системы, в то время как преобладание протокатеховой кислоты в коре сосны обыкновенной находится в соответствии с мнением о слабом развитии данной системы.

Широко распространенной группой фенольных соединений в компонентах древесной зелени являются флавоноидные соединения и их гликозиды. Изучение этих групп веществ началось сравнительно недавно и подробно проведено в Японии. Было показано, что наиболее характерными фенольными соединениями хвой ели рода *Picea* являются оксистерильбены, резвертрол и его глюкозид — пицеид, а также оксиацетофеноны: п-оксиацетофенон (пицеол)

и др. Эти соединения почти не встречаются в хвое других родов семейства Pinaceae. Сведения о флавоноидах ограничиваются несколькими сообщениями об обнаружении кемпферола, дигидрокверцетина и некоторых катехинов.

В ходе изучения фенольных соединений рода Pinaceae было установлено, что в хвое ели сибирской содержатся общераспространенные флавонолы (кемпферол, кверцетин, мирицетин) и их глюкозиды. Глюкозидирование осуществляется по 3-положению глюкозным остатком. В хвое ели корейской и аянской наряду с отдельными флавонолами содержатся некоторые флавононы (нарингенин и его 7-гликозид), флаванолы (аромадендрин), флавоны (апингенин). Все обнаруженные флавоноидные соединения содержат 5,7-диоксизамещенное кольцо А. Модель кольца В типична для хвойных растений. Большой интерес представляет обнаружение в хвое ели сибирской и корейской ацилированных флавоноидных гликозидов. Необходимо отметить, что большинство О-ацилпроизводных флавоноидных веществ построены на основе кемпферола. Гликозидирование кемпферола по 3-положению осуществляется арабинозой и глюкозой. Можно считать, что для хвои семейств Pinaceae характерно наличие гликозидированных форм флавоноидов. В активно метаболизирующих тканях, каковой является хвоя, присоединение углеводов к фенолам играет важную роль для жизнедеятельности растений: гликозиды обладают большой растворимостью и поэтому более подвижны, чем исходные фенолы. Образование гликозидов может явиться способом накопления фенолов в растении в форме, в которой они не мешают другим более важным клеточным механизмам.

Оксистильбены принадлежат к редко встречающимся фенольным соединениям. Так, в древесине они были найдены только в роде Pinus, а в коре — у представителей двух родов семейства сосновых: Pinus и Picea.

Флавоноидные соединения более характерны для хвои таких родов, как Pinus, Abies, Larix. В хвое этих растений содержатся наиболее распространенные в растительном мире флавонолы — кемпферол, кверцетин, мирицитин, а также их гликозиды. Методом хроматографии на бумаге было показано, что кемпферол, кверцетин присутствуют в хвое около 35 видов Pinus; мирицитин и дигидрокверцетин встречаются реже. Хвоя сосны обыкновенной содержит гваяцилглицерин и два его глюкозида. Эти соединения были обнаружены как в весенней, так и в осенней хвое, а также в коре и древесине.

Между флавоноидными соединениями хвои и древесины имеются существенные различия, выражающиеся в том, что для хвои характерно наличие гликозидированных форм флавонолов, а для древесины — флавонолов в виде агликонов. Флавоноидные соединения коры представлены гидрированными и гликозидированными флавонолами, но гликозидирование их осуществляется преимущественно арабинозой.

Такое различие в химическом составе коры, хвои и древесины согласуется с точкой зрения о вероятности синтеза флавоноидных соединений в каждом органе, а не только в фотосинтезирующих тканях.

Из олигомерных фенольных соединений C_6-C_3 ряда можно отметить димеры оксикоричных спиртов, называемые лигнанами и лигнолами. Лигнолы являются промежуточными продуктами процесса лигнификации. Лигнаны широко распространены в растительном мире. Они были выделены из коры, дре-

веса, листьев различных растений. Отличительным признаком немногочисленной группы лигнанов хвойных растений является наличие у них гваяцильного типа замещения. Общее содержание этой группы в хвое некоторых видов семейства Pinaceae находится в пределах 0,03—0,9% абс. сух. хвон. Такие лигнаны, как ларицирезинол, лиовил, метапрезинол, изолариципрезинол найдены в хвое большинства видов; α -конидендрин найден только в хвое лиственницы сибирской, а его следы обнаружены в лиственнице даурской. Содержание лигнанов в древесине колеблется от 0,3% абс. сух. древесины у ели сибирской до 0,8% у ели аянской.

Качественный состав лигнанов различен в древесине ели и ее хвое. Так, в хвое отсутствуют 3,4-диванилннтетрагидрофуран, α -конидендрин, кетоматан-резинол. В хвое лиственницы содержится метанрезинол, который не был найден в древесине, но отсутствует характерный для древесины 3,4-диванилннтетрагидрофуран.

В последнее время установлено, что древесная зелень и ее компоненты содержат значительное количество флавоноидных соединений. Так, хвоя содержит более 1% флавоноидов, которые обладают Р-витаминной активностью. Поэтому для отыскания путей использования этих веществ необходимо знание количественного содержания фенольных соединений, а также динамики их накопления в различных органах растений. Наблюдения за количеством флавоноидов в хвое лиственницы сибирской показали, что оно в течение суток изменяется; для всех гликозидов наблюдается тенденция к накоплению в утренние часы. Характер изменения концентрации отдельных соединений в вечерние и ночные часы различен.

Лигнин древесной зелени. Лигнинные вещества являются вторыми после целлюлозы по распространению на земном шаре органическими веществами. Они построены из структурных элементов C_6-C_3 — кислородных производных фенилпропана, продуцируемых из углеводов, и обладают большой молекулярной массой. Отличительная черта лигнинов — нерегулярность строения, что исключает их рассмотрение как индивидуального химического соединения. Лигнины входят в состав одревесневших клеточных стенок всех наземных растений и играют роль цементирующих веществ, «склеивающих» в растительных тканях пучки целлюлозных цепей для придания механической прочности стволам и стеблям.

Предшественниками образования фенилпропановых структур в растениях наряду с конифероловым спиртом считают соответственно синаповый и п-кумаровые спирты. Строение пропановой цепочки у этих спиртов аналогично, однако в элементарных звеньях макромолекул лигнинов пропановая цепочка приобретает различные функциональные группы и участвует во многих связях. За последнее время выяснено, что п-кумаровый спирт входит во все виды лигнина: травянистых, хвойных и в меньшем количестве — лиственных. Основной компонент лигнинов — конифероловый спирт — входит в состав всех видов лигнина. Синаповый спирт в больших количествах принадлежит лиственным лигнинам.

Пропановые боковые цепи структурных единиц могут иметь различное строение (в зависимости от содержания в них функциональных групп). Поэтому любой лигнин является сополимером. Лигнины лиственных пород

имеют более сложное строение, чем хвойных. В отличие от полисахаридов в лигнине отсутствует единый вид связи между структурными единицами. Наоборот, для него характерно многообразие связей, в результате чего его макромолекулы имеют высокую степень разветвленности.

В древесине хвойных пород содержится до 28—30% лигнина, в древесине лиственных — 18—24%. Исследования показали, что содержание лигнина зависит не только от породы, но и от места взятия пробы в дереве. Так, содержание лигнина, выделенного из лиственницы сибирской 150-летнего возраста, в заболони — 28,9%, в ядровой части 26,7, в коре 26,4 и в камбиальной зоне — 7%.

В настоящее время наименее исследованной частью дерева остается хвоя — один из компонентов древесной зелени. Имеются лишь некоторые сведения о содержании лигнина в древесной зелени. Так, в хвое сосны его находится 15,6%, в тонких ветках — 25,8, в древесине ствола — 26,6% абс. сух. массы; для ели эти цифры соответственно равны 19,1; 28,4; 28,1%. Лигнин хвои содержит значительно меньше метоксильных (5,1% для хвои сосны и 4,9% для хвои ели), против содержания их в лигнине древесины тонких веток (14,5% — для сосны и 13,8% — для ели) и лигнинов стволовой древесины — 15,7 и 15,5% соответственно для сосны и ели.

Содержание лигнина изменяется как для различных составных частей дерева, так и в зависимости от других факторов. Концентрация лигнина в хвое, коре и древесине, произрастающей на различной высоте над уровнем моря, неодинакова. Например, для ели, произрастающей на высоте 700 м над уровнем моря, лигнина в хвое содержится 26,9%, на высоте 900 м — 26,1, на высоте 1050 м — 25,5, а на высоте 1360 м — 25,3%. Было установлено [29], что в хвое ели, пихты и кедра с возрастом содержание лигнина увеличивается, %: для однолетней — 24,3, для двухлетней — 25,5, для трехлетней — 26,6 и четырехлетней — 27,2.

В Сибирском технологическом институте изучали лигнин древесной зелени сосны, кедра и пихты. Количество лигнина определяли сернокислотным способом. Лигнин, выделенный таким методом, значительно загрязнен. В процессе выделения от лигнина могут отщепляться метоксильные группы, иногда происходит осмоление продукта. Вместе с ним могут выделяться и белковые компоненты. Поэтому сернокислотный лигнин не служит объектом исследова-

ТАБЛИЦА 34

Исходный материал	Состав лигниновых веществ, % абс. сух. массы			
	Лигнино- вые веще- ства	Азот в лиг- ниновых веществах	Зольные компонен- ты	Лигнин Классона
Хвоя ели	21,87	2,43	5,09	17,43
» пихты	21,15	2,67	1,25	17,36
» сосны	19,14	—	1,62	14,86
» кедра	25,13	—	0,54	21,18
Побеги ели	32,14	—	0,35	32,03
» пихты	30,33	—	0,02	30,31
» сосны	27,83	—	0,44	27,71
» кедра	27,66	—	0,24	27,59

ния и может ограниченно использоваться для количественной оценки. Состав древесной зелени очень сложен и различные ее компоненты имеют неодинаковый химический состав. Поэтому свойства и характеристики лигнина изучали отдельно для хвои и одревесневших побегов. Из табл. 34 видно, что содержание лигниновых веществ в этих частях высокше и колеблется для хвои от 19,1 до 25,1% абс. сух. массы; для побегов лсжит в пределах от 27,7 до 32,1%.

Для установления качественных характеристик лигниновых веществ были выделены препараты диоксанлигнинов хвои и побегов как одни из наиболее близких к природному лигнину. Они представляли порошкообразные аморфные вещества, различные по внешнему виду. Образцы диоксанлигнинов хвои сосны, кедра, ели представляют собой порошок темно-коричневого цвета; диоксанлигнин хвои пихты — препарат темно-коричневого цвета, вязкий и маслянистый на ощупь; образцы лигнина древесных побегов — мелкодисперсный порошок кремового цвета. Выход диоксанлигнинов составляет примерно $\frac{1}{4}$ сернокислотных лигнинов. В выделенных препаратах для изучения свойств и состава устанавливали содержание функциональных групп, молекулярную массу, степень полидисперсности и элементный состав.

Метоксильные группы являются одними из наиболее характерных групп лигнина, как высших, так и низших растений. Известно, что в лигнине древесины лиственных пород содержится больше метоксильных групп (20—22%), чем в лигнине древесины хвойных пород (15—17%). Содержание метоксильных групп в препаратах диоксанлигнинов хвои значительно ниже, чем в диоксанлигнинах, выделенных из одревесневших побегов (табл. 35). В диоксанлигнинах побегов кедра и ели концентрация метоксильных групп ниже (8,96 и 8,38%), чем в диоксанлигнинах сосны и пихты (10,52 и 11,07% соответственно). Содержание фенольных гидроксидов в лигнинах хвои зависит от природы материала. Так, в хвое ели и пихты их содержание одинаковое — 5,2%, в одревесневших побегах — почти в 2 раза меньше.

Для определения молекулярной массы, степени полидисперсности и молекулярно-массного распределения препаратов диоксанлигнинов применяли гелехроматографию. Хроматографирование проводилось на стеклянной колонке, за-

ТАБЛИЦА 35

Исходный материал	Состав функциональных групп в диоксанлигнине, % абс. сух. массы				
	Общие кислые ОН-группы	Сильно кислые ОН-группы	Карбоксильные группы	Фенольные ОН-группы	Метоксильные группы
Хвоя сосны	4,08	2,89	7,64	1,19	4,06
» кедра	5,65	2,02	5,35	3,62	3,20
» ели	—	—	2,86	5,27	1,30
» пихты	—	—	1,29	5,15	2,96
Побеги сосны	4,53	1,05	2,77	3,49	10,52
» кедра	3,73	1,04	2,76	2,69	8,96
» ели	—	—	4,19	2,52	8,38
» пихты	—	—	2,29	2,72	11,07

полненной сефадексом С-75. В качестве элюента использовали диметилсульфоксид. В процессе разделения отбирали пробы и определяли их оптическую плотность на спектрофотометре СФ-16. По данным опытов строились графики в системе $D : N$ (плотность, номер пробирки). Затем на основании полученных данных строились дифференциальные и интегральные кривые распределения. По полученным кривым подсчитывались среднемассовые, среднечисленные массы и степень полидисперсности (табл. 36).

ТАБЛИЦА 36

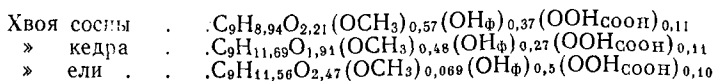
Исходный материал	Средне-массовая молекулярная масса	Средне-численная молекулярная масса	Степень полидисперсности	Степень полимеризации
Хвоя сосны	7670	5240	1,46	49
» кедра	7420	5150	1,44	46
» ели	6060	5340	1,20	33
» пихты	6560	5100	1,30	33
Побеги сосны	9040	8430	1,10	50
» кедра	7640	4620	1,65	44
» ели	8120	5360	1,50	34
» пихты	8890	5560	1,60	34

Был определен элементный состав выделенных препаратов диоксанлигнина. Лигнин отличается от углеводов более высоким содержанием углерода (67—72%), что обусловлено его ароматической природой. Элементный состав исследованных образцов, % абс. сух. навески, представлен в табл. 37. Высокое

ТАБЛИЦА 37

Препараты диоксанлигнина	Элементный состав образцов, % абс. сух. навески		
	Н	С	О
Хвоя сосны	7,78	72,15	20,07
» кедра	7,21	68,76	24,03
» ели	7,29	66,19	26,52
» пихты	7,60	68,80	23,60
Побеги сосны	5,61	67,86	26,53
» кедра	7,30	68,75	23,95
» ели	7,68	69,20	23,12
» пихты	7,67	69,16	23,17

содержание углерода и соотношение С : Н более 9 говорит об ароматической природе выделенных лигнинов. По данным элементного состава и содержанию функциональных групп произвели расчет простейших и развернутых эмпирических формул фенилпропановых структурных звеньев диоксанлигнинов хвой и побегов древесной зелени. Из этих результатов следует, что выделенные препараты диоксанлигнинов существенно отличаются друг от друга и лигнинов древесины соответствующих пород.



Хвоя пихты .	$C_9H_{6,9}O_{1,8} (OCH_3)_{0,59} (OH_F)_{0,47} (OONCOOH)_{0,044}$
Побеги сосны .	$C_9H_{11,44}O_{1,27} (OCH_3)_{0,2} (OH_F)_{0,11} (OONCOOH)_{0,27}$
» кедр .	$C_9H_{10,91}O_{1,67} (OCH_3)_{0,16} (OH_F)_{0,35} (OONCOOH)_{0,19}$
» ели .	$C_9H_{7,60}O_{1,65} (OCH_3)_{0,44} (OH_F)_{0,24} (OONCOOH)_{0,015}$
» пихты .	$C_9H_{6,56}O_{1,37} (OCH_3)_{0,59} (OH_F)_{0,26} (OONCOOH)_{0,083}$

Для определения молекулярной массы и степени полидисперсности хвой лиственницы сибирской было изучено молекулярно-массовое распределение препаратов диоксанлигнинов (табл. 38).

ТАБЛИЦА 38

Время отбора пробы	Среднемассовая молекулярная масса	Среднечисленная молекулярная масса	Степень полидисперсности
Май	9 670	4340	2,2
Июнь	10 050	3120	3,0
Июль	16 840	5478	3,1
Август	15 735	3115	5,1
Сентябрь	7 346	2509	2,9

Интегральные и дифференциальные кривые молекулярно-массового распределения диоксанлигнинов приведены на рис. 21. По дифференциальным кривым видно, что наиболее однородны препараты, выделенные из хвои, собранной в мае и сентябре, так как в мае лигнин еще только формируется, он низкомолекулярен и однороден, к сентябрю же происходит окончательное его формирование, что приводит к образованию нескольких различающихся форм.

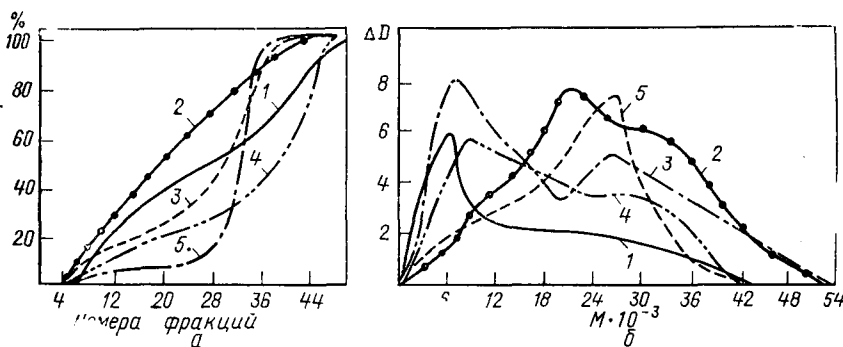


Рис. 21. Кривые молекулярно-массового распределения диоксанлигнина, выделенного из хвои *Larix sibirica* Ldb: а — интегральные; б — дифференциальные; 1—2 — июнь; 3 — июль; 4 — август; 5 — сентябрь

МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Для обеспечения физиологических процессов растениям необходимы минеральные вещества. Вещества, нужные в больших количествах, называют макроэлементами (азот, фосфор, калий, кальций, магний и сера). Вещества, которые участвуют в биохимическом и физиологическом процессах в значительно меньших количествах, называют микроэлементами (железо, марганец, цинк, бор, медь, молибден и др.). Микро- и макроэлементы являются для

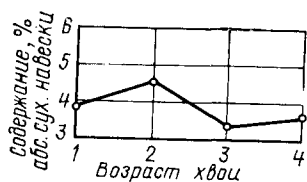


Рис. 22. Содержание золы в хвое сосны в зависимости от возраста

растений жизненно необходимыми, поэтому различия между ними могут рассматриваться только как количественные, но не принципиальные.

Нельзя рассматривать древесную растительность как сырье для производства различных продуктов без изучения содержания минеральных веществ, входящих в ее состав. Существование всякого организма связано с потреблением минеральных веществ. Например, недостаток микроэлементов в кормах влияет на обмен веществ животных, который приводит к снижению привесов, выхода молодняка, специфичным заболеваниям и т. д.

Для правильного понимания физиологических явлений в древесной растительности, определения ценности отдельных частей дерева (древесной зелени) как сырья и т. д. необходимо знать качественные и количественные изменения минеральных веществ.

О физиологической роли макро- и микроэлементов для древесных растений судят по аналогии с травянистыми растениями. Содержание питательных веществ в древесных растениях непостоянно и изменяется для различных органов растения, зависит от климата, почвы, времени года, места произрастания и др.

К настоящему времени накоплен значительный материал о содержании зольных элементов в различных органах деревьев. Так, хвоя сосны, произрастающая в условиях Карелии, содержит наибольшее количество зольных элементов и азота по сравнению с другими частями дерева. Общее содержание неорганических веществ колеблется от 1,4 до 2,7% абс. сух. массы. Зольность хвои изменяется по мере ее старения. Наибольшее количество минеральных веществ имеет однолетняя хвоя (1,17—1,36%), в опавшей хвое оно снижается и достигает уровня 0,84—1,22%.

Содержание зольных элементов в хвое сосны, произрастающей в Средней Сибири, в зависимости от ее возраста изменяется согласно рис. 22. Максимальное содержание зольных веществ приходится на молодую хвою. Повышенное содержание минеральных веществ в молодой хвое связано с тем, что в ней накапливаются макро- и микроэлементы, которые используются затем в начальный период роста хвои (табл. 39).

ТАБЛИЦА 39

Возраст хвои, год	Содержание макроэлементов в хвое сосны, % к золе							
	K	Ca	Mg	Si	Al	Fe	Na	P
1	19,44	9,70	6,87	2,19	0,03	6,70	0,87	0,94
2	40,13	12,12	6,99	3,72	2,06	7,40	1,30	1,01
3	15,38	16,16	5,52	6,02	4,12	3,63	0,87	0,94
4	14,75	19,19	5,76	4,55	4,20	2,51	0,98	1,00

В хвое обнаружено 19 микроэлементов (табл. 40); преобладают цинк, титан, олово, барий, свинец, медь. Этим элементам принадлежит важная роль в жизнедеятельности растений.

ТАБЛИЦА 40

Возраст хвои, год	Содержание микроэлементов в хвое сосны, % к золе								
	Pb	Cu	Zn	Ca	V	Cr	Ni	Ti	Mn
1	0,015	0,020	0,150	0,0005	0,003	0,001	0,004	0,060	0,600
2	0,010	0,040	0,200	0,0004	0,003	0,004	0,002	0,080	0,400
3	0,020	0,010	0,150	0,0003	0,003	0,004	0,002	0,080	0,400
4	0,020	0,010	0,500	0,0003	0,003	0,003	0,001	0,100	0,400

Продолжение

Возраст хвои, год	Содержание микроэлементов в хвое сосны, % к золе									
	La	Mg	Sn	Ba	Be	Sr	Zr	B	Ag	Zi
1	0,0003	0,004	0,100	0,040	0,0001	—	—	0,0100	0,00005	—
2	0,0005	0,0003	0,080	0,080	0,0001	0,03	0,003	0,015	0,0002	—
3	0,0003	0,0003	0,100	0,100	0,0003	0,04	0,003	0,015	0,0003	0,001
4	0,0003	0,0002	0,100	0,100	0,0004	0,05	0,002	0,015	0,0002	0,001

Содержание неорганических веществ в ветвях древесной зелени сосны почти в 2 раза ниже, чем в хвое. Исключение составляет кальций. Количество его в хвое и ветвях практически равно.

В ветвях более половины суммы всех зольных элементов приходится на кальций. Содержание химических элементов в стволе почти в 5—7 раз меньше, чем в хвое. Концентрация зольных компонентов колеблется от 0,11 до 0,31 абс. сух. массы. Кора содержит значительное количество зольных элементов, концентрация их в 2—5 раз больше, чем в древесине ствола. Отличительной особенностью минеральных компонентов коры сосны является повышенное содержание в ней кальция (более 50%).

Зольность хвои ели колеблется от 3 до 5,3%. Замечено, что чем богаче почва, тем больше золы в хвое. Зольность одревесневших побегов древесной зелени ели находится в тесной связи с их диаметром; в мелких побегах содержание золы повышается. Зольность древесины ствола ели постоянна.

С увеличением возраста хвои растет ее зольность. Это происходит главным образом за счет накопления кальция, кремния, магния и марганца. Содержание калия, фосфора и азота с увеличением возраста хвои резко снижается. Таким образом, зольный состав в течение жизни хвои претерпевает существенные изменения: если в хвое первого года жизни в золе преобладает калий или кальций, то в хвое четвертого года и старше — кремний.

Алюминий, железо и натрий по концентрации их в золе занимают последнее место независимо от возраста хвои. В побегах ели содержание золы ниже по сравнению с хвоей. Зольность побегов с увеличением диаметра резко снижается. В побегах первого и второго годов жизни в составе золы преоб-

ладают калий, кальций и фосфор; в более старых побегах — кальций. Необходимо отметить, что с увеличением возраста побегов резко снижается концентрация калия, фосфора и серы.

Количественный состав зольных веществ хвои лиственницы разного вида зависит от географического происхождения. Для хвои лиственницы сибирской и сосны не удалось зафиксировать градиент географической изменчивости содержания зольных элементов в хвое, коре и древесине. Для хвои ели наблюдается постепенное увеличение содержания кремния, магния, кальция по мере продвижения с запада на восток (от Зауралья до Западной Якутии).

В широтном направлении выявлена значительная изменчивость зольных элементов. В фитомассе хвои, коры, древесины лиственницы, сосны, ели и березы, произрастающих на юге Сибири, содержится больше железа, алюминия и часто кремния, чем в этих же породах, растущих на севере Красноярского края.

Вопросу изменения содержания зольных веществ в зависимости от времени года посвящено много работ. Установлено, что в течение вегетации в листьях и в хвое снижается число основных элементов питания. Наибольшее количество зольных элементов в хвое деревьев содержится весной, когда процессы обмена веществ и фотосинтеза особенно активны.

Авторами изучался минеральный состав хвои лиственницы сибирской в зависимости от прохождения сезонных фаз развития. Было установлено, что содержание макроэлементов (табл. 41) в хвое лиственницы сибирской подвержено значительным колебаниям. Содержание калия и натрия по мере роста хвои уменьшается, и к концу вегетационного периода их количество в хвое становится меньше. Содержание магния в хвое значительно меньше, чем других макроэлементов (калия, кремния, кальция), хотя биохимическая роль его в ферментативных процессах велика. В исследуемых образцах в ходе вегетационного периода содержание магния практически остается постоянным и колеблется на уровне 0,19—0,30% абс. сух. массы хвои.

ТАБЛИЦА 41

Макро-элемент	Содержание в хвое лиственницы сибирской по месяцам, % к абс. сух. хвое					Макро-элемент	Содержание в хвое лиственницы сибирской по месяцам, % к абс. сух. хвое				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
K	0,57	0,58	0,41	0,45	0,37	Al	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05
Ca	0,40	0,50	0,67	0,74	0,76	Fe	0,67	0,09	0,09	0,08	0,12
Mg	0,19	0,26	0,28	0,30	0,28	Na	0,37	0,37	0,27	0,23	0,08
Si	1,23	0,90	0,74	0,69	1,64	P	0,26	0,25	0,16	0,16	0,15

Кальций и кремний в хвое лиственницы сибирской содержатся в незначительных количествах. С увеличением возраста хвои концентрация кальция повышается и к концу вегетационного периода увеличивается почти в 2 раза. Содержание кремния с мая до середины августа уменьшается, а затем быстро увеличивается (более чем в 2 раза к концу сентября). Осенью в хвое отмечено наиболее высокое содержание кремния (1,64%). В этот период начи-

нается опадание хвои. Содержание фосфора в образцах хвои меньше, чем содержание других питательных веществ. В начале вегетационного периода концентрация фосфора выше, а затем, к осени, она неравномерно снижается. Железо и алюминий в растениях находятся преимущественно в зеленых органах. Концентрация их колеблется в незначительных пределах. К концу периода интенсивного роста (сентябрь) концентрация железа несколько возрастает.

В хвое лиственницы сибирской обнаружено 19 микроэлементов (табл. 42). Этим элементам принадлежит важная роль в жизнедеятельности растений. Наиболее высоко содержание меди в молодой хвое. Это связано с тем, что медь оказывает большое влияние на окислительные процессы, благоприятно сказывающиеся на синтезе хлорофилла, содержании аскорбиновой кислоты и сахаров. Наибольшая концентрация цинка и стронция также приходится на начало вегетационного периода. Установлено, что цинк связан с ростовыми веществами.

ТАБЛИЦА 42

Микроэлемент	Содержание в хвое лиственницы сибирской по месяцам, $\% \cdot 10^{-3}$ золе				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Pb	0,030	0,020	0,015	0,008	0,016
Cu	0,040	0,030	0,020	0,010	0,010
Zn	0,200	0,100	0,200	0,05	0,100
Ca	0,0005	0,0003	0,0005	0,0004	0,0006
V	0,001	0,005	0,002	0,001	0,001
Cr	0,005	0,002	0,010	0,010	0,008
Ni	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001
Ti	0,020	0,060	0,200	0,300	0,400
Mn	0,200	0,400	0,400	0,500	0,500
Ag	0,0002	0,0005	0,0005	0,0001	0,0001
La	0,0001	0,0005	0,0005	0,0001	0,0001
Mg	0,0001	0,0003	0,0004	0,0002	0,0005
Sn	0,0005	0,0001	0,0006	0,0001	0,0006
Ba	0,030	0,030	0,300	0,250	0,200
Be	—	0,0001	0,0004	0,0003	0,0005
Sr	0,040	0,010	0,100	0,100	0,100
Zr	—	0,001	0,004	0,010	0,015
B	0,200	0,200	0,300	0,300	0,500
Zi	0,002	—	0,002	0,001	0,003

Содержание титана и бария увеличивается с возрастом хвои лиственницы. В осенний период перед опаданием хвои концентрация бора возрастает более чем в 2 раза и достигает $0,5 \cdot 10^{-3}\%$. Другие элементы содержатся в ничтожных количествах; какой-либо закономерности в их изменении не на-

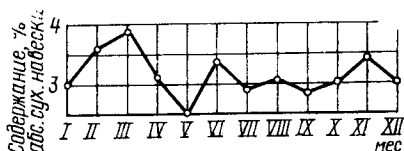


Рис. 23. Динамика зольных элементов хвои сосны

блюдается. Исключение составляет никель, концентрация которого по мере старения хвои падает.

Сезонную динамику зольных элементов хвои сосны изучали различные авторы.

В табл. 43 приведено содержание макроэлементов в хвое сосны в зависимости от времени года.

ТАБЛИЦА 43

Время отбора пробы	Содержание макроэлементов в хвое сосны, % к золе							
	Fe	Si	Ca	Mg	Al	P	K	Na
Январь	1,43	4,76	10,14	6,92	2,21	1,46	7,21	1,19
Февраль	1,12	5,80	12,92	7,12	2,33	1,37	13,76	1,21
Март	7,18	3,36	16,76	7,60	1,53	1,37	14,39	0,87
Апрель	10,02	4,70	11,10	6,68	2,53	1,26	6,37	1,21
Май	2,12	9,40	12,52	4,27	3,12	1,33	6,37	0,98
Июнь	2,68	6,52	18,81	7,35	3,61	1,43	6,37	1,67
Июль	2,58	6,10	18,79	6,26	1,83	1,50	6,03	1,69
Август	6,80	3,89	14,54	3,93	2,26	1,48	4,31	1,43
Сентябрь	1,49	4,80	8,48	4,42	1,83	1,62	5,76	1,27
Октябрь	2,73	3,53	9,02	1,52	1,37	1,77	5,38	1,30
Ноябрь	3,11	4,11	9,77	4,72	1,90	1,90	5,92	1,33
Декабрь	2,15	4,52	9,81	5,16	2,07	1,34	6,33	1,17

В течение года в хвое содержится значительное количество микроэлементов (табл. 44). В зимнее время содержание многих элементов не изменяется или изменяется незначительно. В летний период наиболее заметны колебания содержания микроэлементов, что связано с активно протекающими в хвое физиологическими процессами.

ТАБЛИЦА 44

Время отбора пробы	Содержание микроэлементов в хвое сосны, % к золе								
	Pb	Cu	Zn	Ca	Cr	Ni	Ti	Mn	La
Январь	0,010	0,010	0,200	0,001	0,003	0,003	0,100	0,300	0,0005
Февраль	0,015	0,008	0,150	—	0,002	0,001	0,150	0,300	0,0003
Март	0,020	0,010	0,150	—	0,001	0,991	0,080	0,400	0,0005
Апрель	0,030	0,020	0,200	0,0003	0,004	0,001	0,080	0,300	0,0006
Май	0,020	0,010	0,150	0,0003	0,004	0,003	0,100	0,400	0,0003
Июнь	0,030	0,010	0,150	0,0001	0,002	0,003	0,080	0,400	0,0005
Июль	0,030	0,015	0,150	0,0003	0,004	0,004	0,060	0,400	0,0005
Август	0,008	0,020	0,100	0,001	0,002	0,004	0,100	0,300	0,0003
Сентябрь	0,010	0,010	0,150	—	0,001	0,004	0,080	0,500	0,0003
Октябрь	0,020	0,010	0,150	—	0,003	0,002	0,040	0,400	0,0003
Ноябрь	0,010	0,020	0,200	—	0,002	0,004	0,060	0,300	0,0003
Декабрь	0,030	0,020	0,200	—	0,002	0,002	0,050	0,400	0,0003

Время отбора пробы	Содержание микроэлементов в хвое сосны, % к золе									
	Mg	Sn	Ba	Be	Sr	Zr	B	Ag	Li	V
Январь	0,0003	0,005	0,010	0,0001	0,030	0,002	0,030	0,0004	0,001	0,004
Февраль	0,0004	0,0005	0,060	0,0002	0,030	0,002	0,020	0,0002	—	0,003
Март	0,0004	0,0005	0,100	—	0,020	0,003	0,010	0,0001	—	0,004
Апрель	0,0030	0,2000	0,040	—	—	0,003	0,020	0,0005	—	0,003
Май	0,0030	0,2000	0,030	—	—	0,003	0,020	0,0003	0,001	0,005
Июнь	0,0002	0,2000	0,080	0,0001	0,030	0,001	0,020	0,0002	—	0,003
Июль	0,0020	0,0500	0,010	—	—	—	0,020	0,0003	0,001	0,003
Август	0,0060	0,0010	0,050	0,0001	0,040	0,001	0,015	0,0002	0,001	0,004
Сентябрь	0,0001	0,0003	0,040	0,0002	0,010	0,004	0,010	0,0003	—	0,004
Октябрь	0,0003	0,0001	0,080	0,0001	0,030	—	0,020	0,0003	—	0,003
Ноябрь	0,0003	0,0001	0,020	—	—	—	0,030	0,0015	0,001	0,003
Декабрь	0,0003	0,0100	0,010	—	—	—	0,020	0,0002	0,001	0,004

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

РЕСУРСЫ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Комплексное рациональное использование лесных ресурсов предусматривает переработку отходов древесины, которые образуются в процессе лесозаготовок и лесопиления. Внимание специалистов привлекает изучение возможности использования всей биомассы дерева, в том числе и такой специфичной ее части, как древесная зелень. Определение ресурсов древесной зелени на перспективу необходимо для выполнения технико-экономических расчетов, обосновывающих размещение производств, базирующихся на использовании данного вида сырья. Масса хвои дерева как в свежем, так и в абсолютно сухом состоянии находится в связи с диаметром его ствола (обычно на высоте груди): чем больше диаметр ствола, тем больше масса древесной зелени. Однако для ели и сосны такое соотношение поддерживается лишь до определенного возраста, а далее количество древесной зелени в древостоях начинает уменьшаться.

Сбор древесной зелени зависит от многих факторов биологического характера, а также от условий валки, трелевки и вывозки леса. При валке часть кроны обламывается и остается на лесосеке. Выход и потери древесной зелени зависят также от того, каким агрегатом отделяют древесную зелень и где производится отделение — непосредственно на лесосеке или на месте переработки. Исходя из этого, в настоящее время обоснована необходимость выделения экономически доступных ресурсов лесозаготовок, которые могут явиться предметом эффективного освоения и переработки в конечные продукты.

Экономически доступные ресурсы древесной зелени с учетом потерь при заготовке могут составить по европейской части РСФСР 7,5 млн. т, в том числе 6,3 млн. т зелени хвойных пород; по азиатской части РСФСР соответственно 4,7 и 3,7 млн. т. Экономически доступные ресурсы древесной зелени в целом по РСФСР могут составить 13 млн. т, в том числе 10 млн. т древесной зелени хвойных пород [4].

ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

За последние годы в нашей стране получила дальнейшее развитие переработка древесной зелени. Значительная часть затрат при производстве продукции из древесной зелени приходится на заготовку и транспортировку сырья. Это связано с тем, что в настоящее время на заготовке древесной зелени, начиная от отрубки сучьев и кончая отделением древесной зелени, преобладает ручной труд. Качественные показатели древесной зелени зависят от способа и технологии, а также определяются требованиями к исходному сырью.

При доминировании ручной заготовки древесной зелени считалось, что основным качественным показателем древесной зелени является диаметр побега, причем определяли его с учетом сырой клетчатки. Однако при разной степени охвоения и одревеснения побегов диаметр их может служить только ориентировочным показателем качества сырья. С внедрением механизированных способов заготовки древесной зелени диаметр, как качественный показатель, теряет свое значение, поскольку безразлично, в виде ли обрезков побегов, щепы или кусков находятся примеси древесины. Важно общее количество их в древесной зелени; то же относится и к другим примесям. Поэтому, исходя из ГОСТ 21769—76, древесная зелень представляет собой покрытые хвоей ветки.

Большое влияние на сохранность биологически активных веществ оказывают влажность воздуха, степень освещенности, наличие ветра, место хранения, а также вид сырья — отделена древесная зелень от веток или не отделена. Каротин и другие биологически активные вещества лучше сохраняются при более низкой температуре воздуха и при хранении древесной зелени на ветках.

При организации заготовки и переработки древесной зелени необходимо иметь в виду, что древесная зелень, пролежавшая после рубки деревьев при положительной температуре несколько дней (даже не более 7), теряет многие ценные свойства. Поэтому следующим основным качественным показателем древесной зелени является свежесть. Зависимость сроков хранения древесной зелени, сут, используемой для изготовления витаминной

муки, от вида сырья и температуры окружающей среды приведена ниже:

температура окружающей среды	плюсо-	минусо-
	вая	вая
зелень на ветках, уложенных в пучки	7	30
зелень, отделенная от веток	3	15
зелень пихты и сосны, обработанная водяным паром, отходы эфиромасличного производства	1	2

Значительный интерес для практики представляет решение вопроса хранения древесной зелени в естественных условиях. С этой целью в учебном лесхозе Сибирского технологического института были проведены анализы изменения биологически активных веществ в хвое сосны и ели в осеннее время под пологом леса (табл. 45); опыты проводились в октябре; в течение этого периода стояла прохладная, дождливая погода.

ТАБЛИЦА 45

Срок хранения, сут	Содержание биологически активных веществ в хвое, мг. %					
	Ель			Сосна		
	аскорбино- вая кисло- та	каротин	хлорофилл	аскорбино- вая кисло- та	каротин	хлорофилл
1	613,6	15,1	203,7	573,8	20,4	133,2
2	594,1	15,2	202,1	571,6	20,3	133,1
3	576,2	14,9	203,4	564,3	20,3	130,6
4	584,3	15,2	205,1	555,4	19,7	126,3
5	581,2	14,6	202,6	563,7	20,1	128,3
6	562,0	13,9	201,3	561,2	19,3	131,1
7	554,7	14,3	198,8	549,1	18,3	129,1
8	562,3	14,1	200,7	551,0	19,1	130,7
9	551,4	13,7	199,5	548,3	18,6	129,9
10	560,2	13,9	198,6	548,1	18,4	128,1

В связи с тем, что лесозаготовки ведутся в основном в зимнее время, представляют интерес результаты, полученные в Институте леса и древесины СО АН СССР. Было установлено, что при хранении древесной зелени зимой в течение двух месяцев в кучах под пологом леса изменения каротина, хлорофилла и аскорбиновой кислоты незначительны. К концу хранения в хвое содержалось до 79% аскорбиновой кислоты, 74% каротина и до 82% хлорофиллов. Таким образом, биологически активные вещества лучше сохраняются при более низкой температуре, а также при хранении древесной зелени без отделения хвои. Поэтому для получения высококачественной продукции необходимо применять все меры к тому, чтобы сроки хранения древесной зелени были минимальными.

Передвижные отделители древесной зелени. Оценка вариантов с точки зрения потерь биологически активных веществ, проведенная в НПО «Силава», показала, что перспективной явля-

ется заготовка древесной зелени, предусматривающая хранение сырья в виде веток, уложенных в кучи. Максимальное разложение биологически активных веществ происходит при хранении древесной зелени после ее отделения от веток.

Древесную зелень на большинстве предприятий отделяют от ветвей специальным ножом или маленьким топориком. В некоторых районах страны практикуется сбор древесной зелени с растущих деревьев. Оба эти способа трудоемки и малопроизводительны. Для повышения производительности труда на заготовке древесной зелени в одном потоке с технологией лесозаготовок применяют различные хвоеотделители.

При заготовке древесины на лесосеке накапливаются ветки, вершины, древесная зелень. На лесосеке до прихода трелевочного трактора рабочие по заготовке древесной зелени отрубают наиболее охвоенные ветки и укладывают их в кучи на обочине волока. После трелевки хлыстов рабочие по заготовке древесной зелени собирают ветки в более крупные кучи, которые затем трактором вывозятся к дороге. При вывозке хлыстов ветки, вершины, древесная зелень не накапливаются на верхнем или нижнем складе. Однако сбор веток, вершин и укладка их в одном направлении в кучи рядом с волоком по трудоемкости практически не отличаются от трудоемкости сбора и сжигания веток [9].

Независимо от места обрубки сучьев и веток, часть древесной зелени обламывается и остается на лесосеке. При трелевке и транспортировке древесных хлыстов также теряется значительная часть древесной зелени. Особенно много древесной зелени остается на лесосеке, когда валка проводится зимой. Количество потерь при валке зависит также от породы, возраста дерева и ряда других факторов и колеблется от 10 до 70%. При вывозке деревьев на нижний склад в зимний период собирают лишь 20—30% древесной зелени несмотря на то, что ее заготовку проводят круглый год. Наиболее благоприятным периодом заготовки является глубокая осень. После трелевки хлыстов по волоку туда, где уложены в кучи обрубленные сучья (или на нижнем складе), подходит трактор с хвоеотделителем и производит отделение древесной зелени. Последняя, по мере заполнения кузова, отвозится к месту ее хранения. Для сбора, погрузки и транспортировки лесосечных отходов в настоящее время используется агрегат ПЛО-1А. Подборщик представляет собой машину на базе ТДТ-55А, состоящую из опрокидывающегося кузова объемом 10 м³, гидроманипулятора со сменными рабочими органами и вылетом стрелы до 4,7 м. Однако производительность подборщика ПЛО-1А невысокая. В настоящее время имеется ряд других устройств, предназначенных для механизации работ по сбору и транспортировке лесосечных отходов.

В целях более полного использования и повышения качества древесной зелени целесообразно собирать ее непосредственно на лесосеке. Однако этот метод имеет ряд недостатков, главными

из которых являются необходимость большого числа рабочих на лесосеке и более коротких сроков хранения. Отделение древесной зелени от веток можно производить непосредственно на лесосеке (верхнем складе) или на площадке цеха переработки. Поэтому от выбора места отделения древесной зелени зависит вид технологического процесса ее заготовки, а также объем транспортных работ и применяемые машины и оборудование.

При отделении древесной зелени непосредственно на лесосеке или на верхнем складе в настоящее время используется ряд передвижных отделителей древесной зелени. Широкое применение получил серийно выпускаемый передвижной отделитель древесной зелени ОЗП-1,0, предназначенный для отделения древесной зелени от веток и вершин деревьев хвойных и лиственных пород на лесосеке. Этот агрегат приводится в действие от привода тракторов Т-80, МТЗ-52 или др. Отделитель ОЗП-1,0 хорошо обрабатывает сырье лиственных пород и ели. При обработке сосны в древесную зелень попадает много древесины. ОЗП-1,0 рекомендуется применять в условиях, где нет возможности использовать древесину веток и тонкомерных деревьев [12].

На лесосеках применяются и передвижные отделители хвои, большинство из которых барабанного типа. Такие хвоеотделители повышают производительность труда более чем в 2 раза.

Рационально отделять древесную зелень в местах ее переработки. Это позволяет механизировать погрузку. Обесхвоенные сучья можно направлять на выработку технологической или топливной щепы. Для транспортировки древесной зелени к месту ее переработки используют транспортер с повышенной проходимостью с наращенными бортами или самопогружающие автомашины типа «Зайчик», СаС и др.

Интересные варианты транспортировки древесной зелени в пучках используются на предприятиях объединения «Прикарпатлес». Сучья на лесосеке (на верхнем складе) укладываются в кучи длиной до 4 м и высотой до 2 м. Для облегчения формирования пучка и погрузки на транспорт сучья складываются на жердь, вдоль которой протянута проволока. Концы проволоки закрепляются к забитым в землю колышкам или привязываются к концам жерди. Для формирования пакета используют чокер, позволяющий транспортировать пакет сучьев на тракторе по лесосеке, а далее на автомобиле до места переработки. Объем такого пакета 12—15 м³. Этот способ позволяет полнее использовать грузоподъемность транспортных средств, сокращая время погрузки до 20—30 мин [6].

Стационарные установки. Эффективность переработки и использования древесной зелени на лесозаготовительных предприятиях зависит от механизации одной из трудоемких операций — отделения древесной зелени от ветвей. Поэтому в настоящее время созданы различные конструкции стационарных отделителей древесной зелени, установленные непосредственно на пло-

щадках цеха по переработке древесной зелени. К этим установкам относятся ОДЗ-12А, ОДЗ-3,0, ОИЗ-1,0, ОЗУ, ИПС-1,0. Рассмотрим характеристики наиболее часто встречающихся отделителей древесной зелени.

В настоящее время наиболее часто используется выпускаемый серийно измельчитель-пневмосортировщик древесной зелени ИПС-1,0, предназначенный для получения кондиционной древесной зелени после ее измельчения и топливной щепы. Принцип работы ИПС-1,0 основан на сортировке измельченной массы веток и тонкомера в вертикально направленном воздушном потоке. Древесная зелень, как более легкая фракция, уносится воздухом и тем самым отделяется от древесных частиц, затем она высыпается из сортируемой колонны на выносной транспортер.

ИПС-1,0 состоит из измельчителя КИК-1,4 и пневмосортировщика и работает следующим образом. Ветки диаметром до 50 мм подаются на транспортер измельчителя. Сырье измельчается на куски определенной длины, которые воздушным потоком подаются в загрузочный циклон, а затем через загрузочный шлюзовой дозатор-питатель по наклонному патрубку — в вертикальную сортирующую колонну. Измельченная масса в сортирующей колонне разделяется на кондиционную древесную зелень и древесную щепу. Древесная зелень воздушным потоком подается в разгрузочный циклон, из которого с помощью дозатора направляется на переработку (рис. 24). Важным фактором, влияющим на качество разделения измельченной массы сучьев на ИПС-1,0, является непрерывная регулировка воздушного потока в сортирующей колонне в процессе сортировки. ИПС-1,0 может

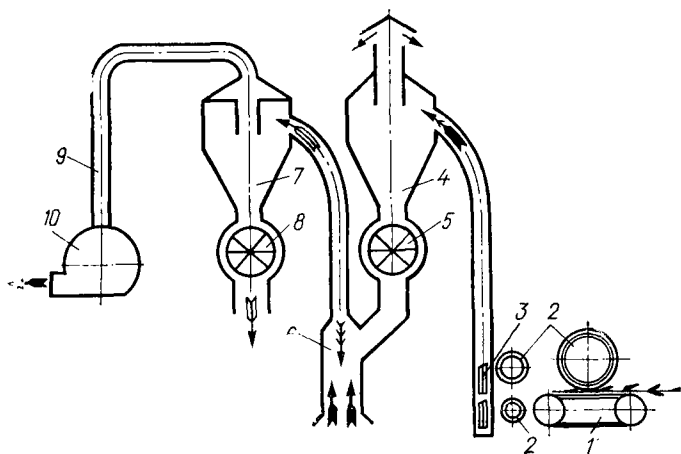


Рис. 24. Схема измельчителя-пневмосортировщика древесной зелени ИПС-1,0: 1 — транспортер; 2 — подающий механизм; 3 — ножи измельчителя; 4 — загрузочный циклон; 5 — загрузочный шлюзовой дозатор-питатель; 6 — сортирующая вертикальная колонна; 7 — разгрузочный циклон; 8 — разгрузочный шлюзовой дозатор-питатель; 9 — заслонка; 10 — вентилятор

быть предназначен для получения древесной зелени для цехов витаминной муки, пихтового масла, а также цехов химической переработки древесной зелени с получением хлорофилло-каротиновой пасты, хлорофиллина натрия и других продуктов.

Таким образом, для отделения древесной зелени наиболее перспективным является измельчение сучьев и отходов и сортировка измельченной массы в вертикальном потоке на древесную зелень и щепу, применяемую для производства древесностружечных плит или в качестве топлива. Применение машин, выпускаемых серийно, позволяет снизить трудозатраты на 1 т древесной зелени с 17—20 чел.-ч при ручной заготовке до 5—6 чел.-ч и достичь уровня механизации труда 70—75%. Использование прогрессивной технологии и техники при заготовке древесной зелени позволит существенно расширить ее применение в народном хозяйстве.

КОРМОВЫЕ ПРОДУКТЫ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

По мере освоения и использования лесных ресурсов раскрываются полезные свойства, расширяется сфера и возможности хозяйственного использования лесных богатств. Новым направлением в использовании лесных ресурсов является переработка всей биомассы дерева для нужд животноводства. В биомассе лесных растений (особенно в листьях) содержится много ценных питательных веществ различного состава, свойств и значения. Использование древесной зелени в настоящее время играет заметную роль в кормовом балансе сельскохозяйственных животных. Эта проблема актуальна сейчас, когда страна принимает неотложные меры по ускоренному развитию сельского хозяйства, что требует большого количества комбинированных кормов, обогащенных витаминами.

Велико значение древесной зелени как корма в неурожайные годы. Поэтому задачу использования древесной зелени в качестве корма необходимо решать шире, так как она должна стать источником разнообразных витаминных, белковых, углеводных, антимикробных и других ценных добавок, а также резервом углеводного комплекса, пополняющим ресурсы грубых кормов.

Применение свежей древесной зелени. Древесная зелень по химическому составу сходна с травой и содержит те же компоненты, хотя и в несколько ином соотношении. Общая питательная ценность древесной зелени оценивается по содержанию в ней кормовых единиц. По данным Ленинградской лесотехнической академии, свежая древесная зелень имеет следующую энергетическую питательность: еловая 0,21, сосновая — 0,28 кормовых единиц в 1 кг, т. е. равна по питательности пшеничной или ржаной соломе. Для сравнения укажем, что клеверное сено содержит 0,42—0,62 кормовой единицы, луговое — 0,40, а зеленый корм из клевера — 0,21, из люцерны — 0,17. Таким образом, по

общей питательной ценности древесная зелень не уступает, а в ряде случаев превосходит травянистые растения.

Большим преимуществом древесной зелени как корма является то, что в стойловый период, когда все корма бедны биологически активными веществами (в том числе каротином), она является свежим зеленым кормом с высоким содержанием этих веществ. Необходимо отметить, что в этом случае каротин в хвое обходится значительно дешевле, чем в других его источниках. Древесная зелень содержит значительное количество витаминов С, Е, Д, К, группы В, фитонцидов, бактериостатических и антигельминтных веществ неизвестной природы.

Известно много случаев применения свежей хвои в рационах крупного рогатого скота, свиней, птиц. Впервые древесная зелень привлекла к себе внимание как носитель биологически активных веществ в 30-е годы текущего столетия. Тогда при дефиците витамина А добавление 3—5% еловой и тополевой муки в рацион предупредило развитие авитаминоза и обеспечило нормальный рост животных. При скармливании хвои наблюдалась выраженная пигментация кожи гребешка и внутренних тканей цыплят. Скармливание курице 5 г еловой хвои в день обеспечило хорошую продуктивность, нормальную выводимость цыплят и пигментацию желтков. Проведенные опыты позволили рекомендовать широкое использование хвойной древесной зелени в птицеводстве.

В засушливые годы веточный корм успешно используется в качестве суррогата грубых кормов. Древесная зелень содержит значительное количество таннидов. Приведем фармакологически допустимые суточные дозы таннина, г: для лошадей и взрослого крупного рогатого скота — 10—25, для овец, коз, свиней — 1—2, для птиц — 0,1—0,5 на голову. Коровам и лошадям можно скармливать свежей хвои 2—2,5 кг на голову в день без опасения превысить норму дубильных веществ в рационе.

В Латвийском научно-исследовательском институте животноводства [26] определены допустимые дозы измельченной хвои для кормления: коров и лошадей — 1—2 кг, коз и овец — 0,25—0,5 кг, лис — 5 г, норок — 1—2 г, кроликов 20—30 г на голову в сутки. У животных, получавших хвою, улучшались ростовые и репродуктивные показатели, повышалась продуктивность.

Изучение кормовой ценности на овцах показало, что 1 кг сухого вещества пропаренной сосновой хвои по сумме перевариваемых питательных веществ равен в среднем 0,4 кормовой единицы. Однако переваримость белка древесной зелени ели оказалась низкой. Другие исследователи сообщают о более высокой питательной ценности хвойной муки (0,64 кормовой единицы и 36 г переваримого белка в 1 кг).

Обобщение 6-летнего опыта применения свежей хвои в качестве витаминной подкормки птицам в ряде хозяйств Ленинградской обл. дало интересные результаты. Древесную зелень

добавляли: при выгонном содержании на несушку — до 10 г хвои в день, при клеточном содержании — до 7 г, цыплятам 20—30-дневного возраста — до 2 г в сутки на голову. За полгода хозяйство сэкономило на витаминных кормах 6,45 тыс. р.

Экономические расчеты показали, что стоимость 2 мг каротина составляет, к.: хвои 0,4, клеверной муки 1,26, моркови 0,76, березовых листьев 0,76, препарата витамина А 2,1, рыбьего жира 3. При этом годовая яйценоскость повысилась от применения свежей хвои от 146 до 171 шт. Аналогичные результаты были получены в других хозяйствах. При скармливании курам свежей хвои в размере 10 г на голову получено повышение продуктивности на 14% и увеличение содержания каротиноидов в желтке яиц на 20%. Широкое применение хвои позволило повысить продуктивность птицы и инкубационные качества яиц.

Проводилось скармливание свежей дробленой древесной зелени молодняку крупного рогатого скота, пороссятам-отъемышам и курам в начале яйцекладки. В дополнение к основному рациону молодняку крупного рогатого скота давали по 1 кг, пороссятам-отъемышам по 200 г, курам по 10 г в сутки на голову. Затраты на единицу продукции были в опытных группах меньше на 5—10%, чем в контрольных. В результате применения хвои была также повышена продуктивность птицы.

Древесная зелень может явиться ценной биологически активной добавкой на Крайнем Севере, где пастбищный период короткий. У коров, получивших подкормку свежей еловой хвои по 2 кг на голову к основному рациону в день, удой поднялся более чем на 11% по сравнению с контрольной группой. Отмечено также повышение уровня гемоглобина в крови животных.

Кроме собственно хвои в животноводстве можно использовать ее водные настои. Это в основном дубильные вещества. Есть основание полагать, что к этой группе принадлежат вещества, обладающие Р-витаминной активностью.

На Кировской опытной станции при применении в рационах свиней, телят и жеребят водных настоев получили хорошие привесы. Лучшие результаты достигнуты при использовании настоев можжевельника и еловой хвои. Скармливание настоя супоросным свиноматкам обеспечило получение здорового и жизнеспособного приплода и рост молодняка. Позднее в опытах на свинях был применен хвойный сок. Он получается прессованием хвойной древесной зелени и содержит те же водорастворимые вещества, что и настой, но значительно более высокой концентрации. При добавлении 100 г в сутки на голову получен стимулирующий эффект роста.

При скармливании свежей хвои, кроме дополнительных привесов, яйценоскости, надоев, повышения жизнестойкости и продуктивности животных и птиц, наблюдается также улучшение показателей воспроизводства. В животноводстве давно было от-

мечено, что свежая хвоя и хвойные вытяжки стимулируют половую деятельность животных, устраняют яловость.

В настоящее время имеется значительная информация, полученная в различных районах нашей страны, а также за рубежом, подтверждающая ценность древесной зелени как дешевого источника витаминов, даже при самой примитивной подготовке ее к скармливанию. Практика подтвердила высокую витаминную ценность древесной зелени и позволила широко рекомендовать ее для использования в качестве витаминного корма. Для рационов птиц и свиней предлагается 50 г свежей измельченной древесной зелени на 1 кг сухого корма (1 кормовая единица). Для взрослого крупного рогатого скота и лошадей можно рекомендовать по 1—2 кг, для молодняка по 0,25—0,5 кг, для овец и коз 0,1—0,25 кг свежей древесной зелени в сутки. Свежую хвою нужно скармливать в измельченном виде. В хозяйствах древесную зелень измельчают различными способами. Древесная зелень, впервые примененная в птицеводстве, измельчалась на крупногабаритной мясорубке с электрическим приводом. Предварительно древесную зелень можно подсушивать, после чего хвоя осыпается. В результате размола получается полноценный витаминный корм. В зимнее время древесную зелень измельчают на соломорезках РСБ-3, 5-МЧ, а также на измельчителе ДКУ-М и др.

Использование древесной зелени особенно важно в северных и северо-восточных районах Советского Союза. Привлечение природных витаминных ресурсов будет способствовать повышению продуктивности животноводства и снижению себестоимости получаемой продукции.

Производство и применение хвойно-витаминной муки. Одним из распространенных способов переработки древесной зелени является получение витаминной муки. Первый цех хвойно-витаминной муки производительностью 45 т муки в год был построен в Кулдигском леспромхозе Латвийской ССР в 1955 г. Простота технологии и неограниченный сбыт продукции способствовали быстрому росту этого производства.

Технологию хвойно-витаминной муки можно разделить на две самостоятельные стадии: заготовка кондиционной древесной зелени и переработка древесной зелени на витаминную муку. Заготовка древесной зелени наиболее трудоемкая операция в процессе производства муки, тесно связанная с технологией лесозаготовок. Процесс переработки кондиционной древесной зелени на витаминную муку включает сушку скоростным методом, размол и затаривание готовой продукции.

Хвойно-витаминную муку вырабатывают на передвижных установках СХБП-0,1 и СХБП-2,0, а также на стационарных установках АВМ-0,4 и АВМ-0,65. За последнее время создано несколько сходных по технологии передвижных установок. Наибольшее распространение получила барабанная сушилка

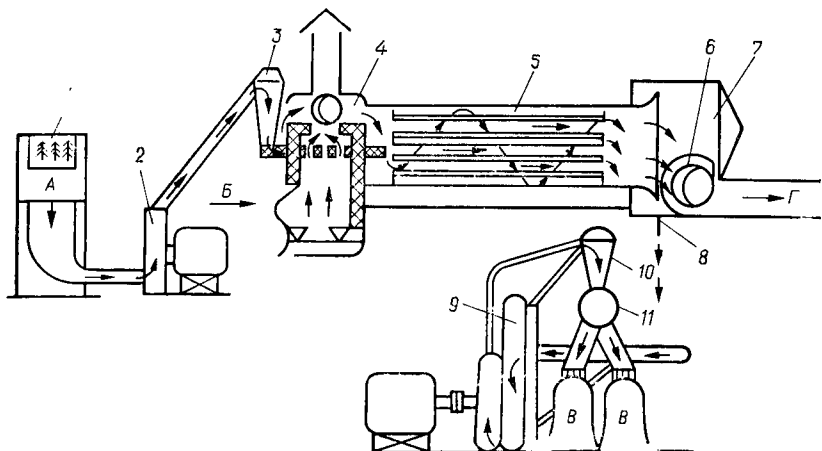


Рис. 25. Технологическая схема производства хвойно-витаминной муки на передвижной установке СХБП-0,1:

A — древесная зелень (лапка); *B* — топливо (сучья, дрова, торф); *B* — готовая продукция; *Г* — отвод дымовых газов; 1 — отделитель древесной зелени; 2 — дробилка-измельчитель древесной зелени ДКУ-М; 3 — бункер сырой зелени; 4 — задняя камера сушилки СЗПБ-2,0; 5 — барабан сушилки СЗПБ-2,0; 6 — вентилятор; 7 — передняя камера сушилки СЗПБ-2,0; 8 — выгрузочный люк; 9 — дробилка-мельница для измельчения сухой хвои в муку ДКУ-1,0; 10 — бункер-циклон; 11 — питатель-дозатор

СХБП-0,1 (рис. 25), состоящая из дробильного агрегата ДКУ-М, барабанной сушилки СЗПБ-2,0, дробилки ДКУ-1,0 и весов. Дробильный агрегат ДКУ-М служит для измельчения древесной зелени, отделенной от ветвей. Его производительность по сырой древесной зелени 350 кг/ч. Сушилка СЗПБ-2,0 состоит из топки, сушильного барабана, вентилятора, приводного механизма, рамы и ходовой части. Топка металлическая, внутри обмурована огнеупорным кирпичом, рассчитана на твердое топливо. Над топкой расположена смесительная коробочка, на которой размещены съемная дымовая труба, патрубок регулируемого впуска наружного воздуха, патрубок возврата отработанной в сушилке газозвдушной смеси и патрубок, соединяющий топку с камерой. Задняя камера сушилки служит для подачи теплоносителя в сушильный барабан диаметром 1,0 м, частотой вращения $0,1 \text{ с}^{-1}$ и длиной 4,6 м, который опирается на четыре пары роликов (две пары приводные). К выходной части сушильного барабана примыкает передняя камера сушилки, в которой находится винтовой транспортер для подачи высушенного материала к выгрузочному люку. Дробилка ДКУ-1,0 производительностью 100 кг/ч служит для измельчения высушенной древесной зелени.

Технологический процесс производства хвойно-витаминной муки на передвижной установке заключается в следующем. Древесная зелень транспортером направляется в приемный люк дробилки ДКУ-М, где происходит первичное измельчение. Из дробилки измельченная древесная зелень пневмотранспортером по-

дается в бункер сырого сырья, откуда поступает в загрузочное устройство, установленное в задней камере сушилки СЗПБ-2,0, а затем в приемную воронку. Оттуда сырая древесная зелень винтовым транспортером, вмонтированным в сушилку, подается в сушильный барабан, где высушивается топочными газами в течение 5—10 с при температуре 200—300° С до влажности 6—9%. Высушенная древесная зелень вместе с потоком воздуха, создаваемым вентилятором, поступает к разгрузочному устройству, вмонтированному в переднюю камеру сушилки СЗПБ-2,0. Винтовым транспортером сухая древесная зелень подается к выгрузочному люку и оттуда на транспортер дробилки ДКУ-1,0, в которой доизмельчается и превращается в хвойно-витаминную муку. Далее пневмотранспортером мука подается в бункер-циклон, откуда выгружается питателем-дозатором и затаривается в мешки. Установку СХБП-0,1 обслуживают четыре человека.

До настоящего времени для сушки древесной зелени широко применялись серийно выпускаемые агрегаты АВМ-0,4, АВМ-0,4А. Агрегаты АВМ-0,4 состоят из барабанной сушилки и молотковой дробилки. Производительность агрегата АВМ-0,4—310—700 кг/ч по материалу влажностью 8—10%. Агрегат АВМ-0,4А отличается от АВМ-0,4 меньшей массой и габаритами; уменьшен здесь и удельный расход топлива, изменена форма лопастей сушильного барабана, пневматические приводные и опорные катки заменены металлическими обрешеченными. Производительность агрегата—370—750 кг/ч по материалу влажностью 8—10%. Сейчас выпуск агрегатов АВМ-0,4 и АВМ-0,4А практически прекращен: им на смену пришли агрегаты АВМ-0,65 большей производительности.

Цех по производству витаминной муки состоит из следующих узлов и оборудования: автомобильных весов для взвешивания поступающего сырья (тип АЦ-10); измельчителя древесной зелени (КИК-1,4, «Волгарь-5», ИПС-1, ОИ и др.); устройства для разгрузки древесной зелени; сушилки АВМ-0,65; мешкозашивочной машины ЗЗ-ЕМ; весов для взвешивания готовой продукции (ВПЦ-500); ленточного транспортера для подачи мешков с витаминной мукой на весы и на склад готовой продукции.

Технология производства витаминной муки с применением сушильного агрегата АВМ-0,65 заключается в следующем (рис. 26) [14]. Измельченная древесная зелень поступает на конвейер, состоящий из транспортера, гидropодъемника, винтового транспортера. Конвейер с лотком служит для создания запаса измельченной массы и непрерывной подачи ее на питающий транспортер. Сырое сырье поступает в направляющий желоб вращающегося сушильного барабана. Равномерность подачи и толщина слоя на питающем транспортере устанавливается с помощью битера. Вращающийся барабан состоит из трех цилиндров, внутри которых имеются лопасти для перемешивания древесной зелени. Передвигаясь в потоке теплоносителя и перемешиваясь в нем, древесная зелень постепенно высыхает.

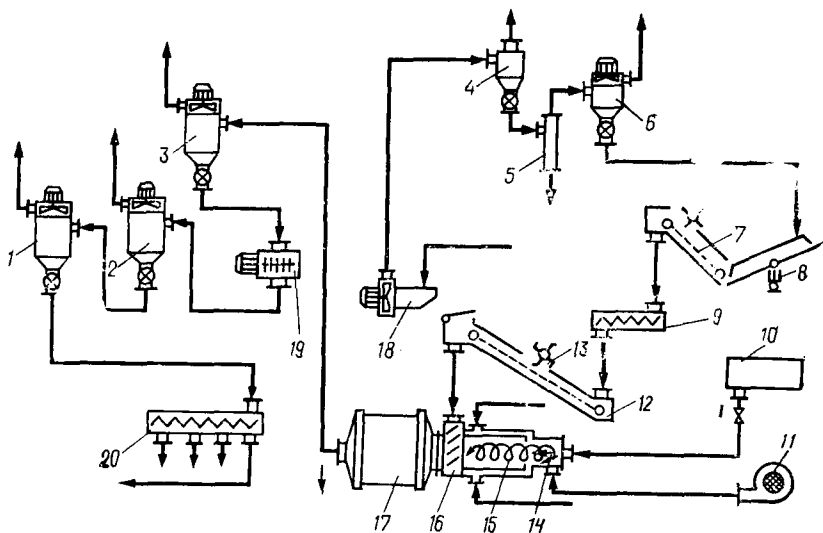


Рис. 26. Технологическая схема производства витаминной муки из древесной зелени на агрегате АВМ-0,65:

1, 2, 3, 4, 6 — циклоны; 5 — пневмосортировщик; 7 — конвейер; 8 — гидropодъемник; 9 — винтовой транспортер; 10 — емкость для топлива; 11 — вентилятор; 12 — транспортер; 13 — бiter; 14 — камера газификации; 15 — топка; 16 — направляющий желоб; 17 — сушильный барабан; 18 — дисковый измельчитель; 19 — молотковая мельница; 20 — выгрузочный шнек

Барабанные сушилки агрегата АВМ-0,65 обладают свойствами самосепарации. Мелкие, более легкие частицы древесной зелени быстро высыхают и выносятся в циклон. Оттуда высушенная древесная зелень через дозатор поступает на измельчение в молотковую дробилку. Конструкция сушильного барабана такова, что исходная древесная зелень с высокой влажностью подается во внутренний цилиндр, имеющий самую высокую температуру. По мере высушивания масса поступает из внутреннего цилиндра в промежуточный, а из него в наружный. Витаминную муку из молотковой дробилки с помощью вентиляторов, расположенных на циклонах, подают на выгрузочный винтовой транспортер, в корпусе которого имеются специальные горловины, через которые готовая витаминная мука затаривается в мешки. Мешки поступают на мешкозашивочную машину ЗЗ-ЕМ, взвешиваются и отправляются на склад готовой продукции.

Жидкое топливо из бака через подогреватель, фильтр насосом под давлением 1,17 МПа закачивается в форсунку камеры газификации. В эту же камеру через тангенциально расположенные окна вентилятором подается воздух. Количества подаваемого воздуха недостаточно для полного сгорания топлива. В камере газификации поступающий воздух интенсивно перемешивается с распыленным топливом. Смесь воспламеняется от электрической

свечи; избыток топлива испаряется. Продукты сгорания и избыток топлива поступают в камеру дожигания, где последнее сгорает. Дополнительный воздух подается в топку через кольцевой промежуток.

**Техническая характеристика сушильного агрегата
АВМ-0,65 ***

Производительность, кг/ч:	
при изготовлении травяной муки влажностью 10—12% при влажности исходного материала, %:	
70	845
75	650
80	480
85	340
при сушке зерна влажностью 22% до влажности 16%	2000
при сушке и размоле зерна влажностью 22% до влажности 16%	1000
Испарительная способность, кг воды/ч	1690
Расход топлива, кг/ч	160

* Агрегат обслуживает один машинист и 1—2 рабочих.

Температурный режим сушки древесной зелени зависит от породы древесины. Для древесной зелени сосны и ели в летних условиях начальную температуру необходимо поддерживать в пределах 345—360° С; в зимний период она должна быть выше (до 400° С). Высушивание древесной зелени производится до влажности 10—17%. Однако при такой влажности мельница работает с перегрузкой. Установка электродвигателя мощностью 50 кВт позволяет вести процесс с нормально загруженной молотковой дробилкой.

Технология сушки сильно влияет на качество конечного продукта, особенно на содержание каротина в витаминной муке. Каротин является нестабильным соединением. На его распад влияют температура и содержание кислорода в теплоносителе, а также конечная влажность муки. В настоящее время применяются сушилки, которые не дают возможности ограничивать содержание кислорода в теплоносителе. Поэтому при их использовании необходимо высушивать древесную зелень до конечной влажности около 10%. В этом случае потери каротина будут не более 10—12%; при дальнейшем снижении влажности потери резко возрастают.

В НПО «Силава» на базе серийно выпускаемых агрегатов АВМ-0,65 и ОГИ-0,8А, оборудования для отделения древесной зелени ИПС-1,0А и устройства для рециркуляции отработанного теплоносителя к АВМ-0,65 разработан типовый проект цеха по производству витаминной муки из древесной зелени. ИПС-1А — более надежная и производительная по сравнению с ИПС-1,0

установка. Устройство для рециркуляции отработанного теплоносителя к АВМ-0,65 обеспечивает экономию топлива до 15%, повышает производительность сушилки и качество муки. В проекте предусмотрено получение муки в гранулированном виде, что способствует повышению качества продукции и снижает потери биологически активных веществ при ее хранении, исключает тяжелый ручной труд при затаривании, существенно улучшает санитарно-гигиенические условия труда. Внедрение новой технологии только в системе лесного хозяйства может обеспечить ежегодный экономический эффект более 800 тыс. р., или 4—6 тыс. р. на один цех по выработке муки.

Технико-экономические показатели цеха

Производственная программа, т/год:	
витаминная мука	800
топливная щепка	2700
Сметная стоимость цеха, тыс. р.	108,8
Отечественное оборудование, тыс. р.	35,2
Обслуживающий персонал, чел.	6
Выпуск товарной продукции, тыс. р.	160

В объединении «Пермлеспром» организовано производство хвойно-витаминной муки из отходов производства пихтового масла. Опытным путем установлено, что витаминная мука из смеси 20% пихтовой древесной зелени после отгонки масла и 80% свежезаготовленной еловой древесной зелени не оказывает существенного влияния на качество выпускаемой продукции. Поскольку производительность установки составляет около 20% производительности АВМ-0,65, возникает возможность создания единой линии комплексного использования древесной зелени. При этом себестоимость 1 кг пихтового масла снижается более чем на 2 р., а себестоимость 1 т витаминной муки — на 18—20 р.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Технология производства хлорофилло-каротиновой пасты.

К важным продуктам из древесной зелени прежде всего относятся хлорофилло-каротиновая паста, представляющая собой фитонцидный, поливитаминный галеновый препарат, стимулирующий процессы заживления кожи и слизистых оболочек. Паста состоит из натриевых солей жирных и смоляных кислот, неомыляемых веществ. Из биологически активных веществ в пасте присутствуют производные хлорофилла, каротин и другие каротиноиды, витамин Е, стерины, фитонциды и др. Она используется в животноводстве как ценная кормовая активная добавка; находит применение в качестве биологически активных веществ в профилактической медицине и в парфюмерно-косметических изделиях.

Производство хвойной хлорофилло-каротиновой пасты включает следующие операции (рис. 27): измельчение древесной зе-

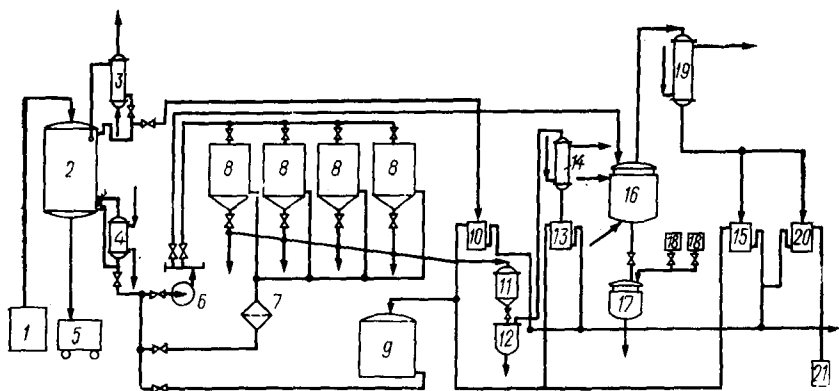


Рис. 27. Технологическая схема получения хлорофилло-каротиновой пасты: 1 — подъемник; 2 — экстрактор; 3, 14, 19 — конденсатор-холодильник; 4 — подогреватель; 5 — ручная тележка; 6 — насос; 7 — фильтр; 8 — отстойник; 9 — сборник бензина; 10, 13, 15, 20 — флорентина; 11 — сборник воска; 12, 16 — перегонный куб; 17 — омылитель; 18 — мерник; 21 — сборник эфирных масел

лени; экстракцию измельченной древесной зелени бензином; отгонку растворителя и эфирных масел из экстракта; омыление смолистых веществ 40%-ным водным раствором едкого натра и разбавление водой до 40—50%-ной влажности.

Заготовленная древесная зелень загружается в контейнеры, которые поднимают электрической талью для перегрузки древесной зелени в экстрактор. По окончании загрузки поворотная крышка экстрактора закрывается. В подогреватель каждого экстрактора насосом из бака подается бензин, и производится нагрев глухим паром давлением от $1,98 \cdot 10^5$ до $3,92 \cdot 10^5$ Па. Пары бензина из подогревателя поступают в экстрактор. В начальный период пары бензина конденсируются на холодной древесной зелени, и конденсат стекает вниз, в экстрактор. После прогрева измельченной древесной зелени и стенок экстрактора пары бензина вместе с парами воды, содержащейся в сырье, направляются в конденсатор-холодильник, где конденсируются. Стекающая флегма смывает с поверхности древесной зелени растворимые в бензине вещества. Продолжительность экстракции 3—3,5 ч.

После окончания экстракции бензиновый экстракт насосом перекачивается в отстойники. Ввиду того, что экстракт задерживается на поверхности материала, производится отстаивание. После этого осуществляется дополнительное перекачивание экстракта в отстойник.

По окончании экстракции и слива мисцеллы в экстрактор подается острый водяной пар для отдувки растворителя. Образовавшаяся смесь паров воды и бензина поступает в конденсатор-холодильник, где конденсируется, а затем поступает во флорентину для разделения. Бензин из флорентины подается в бак ра-

бочего растворителя и используется снова в технологическом процессе. Вода через бензолушку поступает в канализацию промышленных стоков.

Отработанная древесная зелень через нижний откидной люк экстрактора выгружается в вагонетку. С помощью электротали вагонетка отвозится за пределы цеха. Общая продолжительность одного экстрактороборота составляет от 5 до 6 ч.

Экстракт из четырех экстракторов поступает в один отстойник. Отстаивание происходит при охлаждении водой, подаваемой в охлаждающую рубашку отстойника. При этом отстаиваются вода и механические примеси, которые присоединяются к промышленным стокам. Выделившиеся воскообразные продукты (воск-сырец) направляются в специальный сборник. Затем бензиновый экстракт фильтруется и насосом подается в перегонный куб. Полный оборот одного отстойника составляет 24 ч. Периодически острым паром производится регенерация отстойника от отложившегося на стенках воскообразного продукта. Последний в горячем виде подается в сборник воска-сырца.

В перегонном кубе происходит отгонка растворителя от смолистых веществ вначале глухим паром, а затем глухим и острым. Пары бензина и воды поступают в конденсатор-холодильник. Охлажденный конденсат подается во флорентину, где происходит разделение бензина и воды. Бензин откачивается в бак рабочего растворителя, флорентинная вода через бензолушку — в канализацию промышленных стоков.

Отгонка бензина ведется до соотношения 1 : 25 (бензин : вода), после чего отбирается фракция эфирного масла-сырца, представляющая смесь бензина и эфирных масел. Эфирное масло-сырец отделяется от воды в специальной флорентине. Сырец поступает в сборник, флорентинная вода через бензолушку сливается в промстоки. Отгонка масла продолжается до тех пор, пока в отгоне не останутся лишь следы эфирного масла. Полный оборот перегонного куба составляет 5,5 ч. Полученные в кубе смолистые вещества сливаются в промежуточную емкость.

После отбора пробы и взвешивания смолистые вещества из промежуточной емкости поступают в омылитель. Здесь смолистые вещества разбавляются горячей водой (используется конденсат) и омыляются 40%-ным раствором едкого натра. Омыление протекает при перемешивании и нагревании. Отбор омылителя около 5—6 ч. Для дозирования горячей воды и раствора щелочи над омылителем установлены мерники 18. Раствор щелочи приготавливается в реакторе; необходимое количество его подается насосом в мерник-дозатор едкого натра.

Разлив готовой хвойной хлорофилло-каротиновой пасты производится в горячем виде. Для упаковки применяются два вида тары — стеклянные банки и металлические бидоны. В фасовочном отделении предусмотрены разливающий стол, весы, закаточные машины.

Воск-сырец из сборника сливается в специальный перегонный куб, в котором происходит отгонка воды и бензина от хвойного воска. Обогрев куба осуществляется глухим паром, подаваемым в змеевик. Пары воды и бензина поступают в конденсатор-холодильник. Смесь для разделения подается во флорентину, после которой бензин возвращается в технологический цикл, а вода через бензоловушку сливается в канализацию. Оборот составляет 5 ч. Полученный хвойный воск в горячем виде разливается в металлические формы, установленные на разливочном столе.

Сотрудниками Ленинградской лесотехнической академии была предложена разгонка эфирного масла-сырца для получения

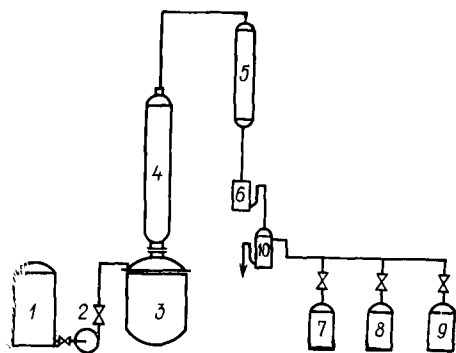


Рис. 28. Технологическая схема разгонки эфирных масел:

1 — сборник эфирного масла-сырца; 2 — насос; 3 — куб; 4 — колонна; 5 — конденсатор-холодильник; 6 — разделительный сосуд; 7, 8, 9 — сборники фракций; 10 — флорентина

узких фракций (рис. 28). Тяжелое эфирное масло-сырец (ТЭМ) — из сборника насосом загружается в куб для разгонки. Содержимое куба нагревается глухим паром, затем подается острый пар и ведется отбор фракций. Смесь паров эфирных масел и воды поступает в колонку с насадкой, состоящей из кусков керамики, затем в конденсатор-холодильник. Охлажденный конденсат подается в мерник-делитель, где происходит расслаивание эфирного масла и воды. В зависимости от плотности эфирное масло направляется в сборник легкой

фракции эфирного масла (плотность $0,815-0,840 \text{ г/см}^3$), затем в сборник средней фракции эфирного масла (плотность $0,845-0,875 \text{ г/см}^3$); эфирное масло с плотностью свыше $0,875 \text{ г/см}^3$ направляется в сборник тяжелого эфирного масла. Сбор тяжелого эфирного масла заканчивается, когда в отгоне останутся лишь следы масла. Вода сливается в канализацию, а ТЭМ затаривается в стеклянные бутылки. Выходы продуктов по описанной технологии из 1 т древесной зелени составляют: хлорофилло-каротиновой пасты 50—60 кг, хвойного воска 25 кг, тяжелого эфирного масла 0,14 кг.

На рис. 29 показана технологическая схема экстракции древесной зелени в винтовых аппаратах непрерывного действия, предложенная Ф. А. Медниковым [7]. Древесная зелень, измельченная на дробильной машине «Волгарь-5», ковшовым элеватором подается в загрузочную колонну винтового экстрактора непрерывного действия. Экстракция проводится по принципу проти-

вотка при температуре 60—70° С. В качестве растворителя используется трихлорэтилен. Растворитель подается в верхнюю часть экстракционной колонны, а мисцелла непрерывно отводится из верхней части загрузочной колонны. Температурный режим в экстракторе поддерживается подаваемой в рубашки водой, нагретой до 85—90° С.

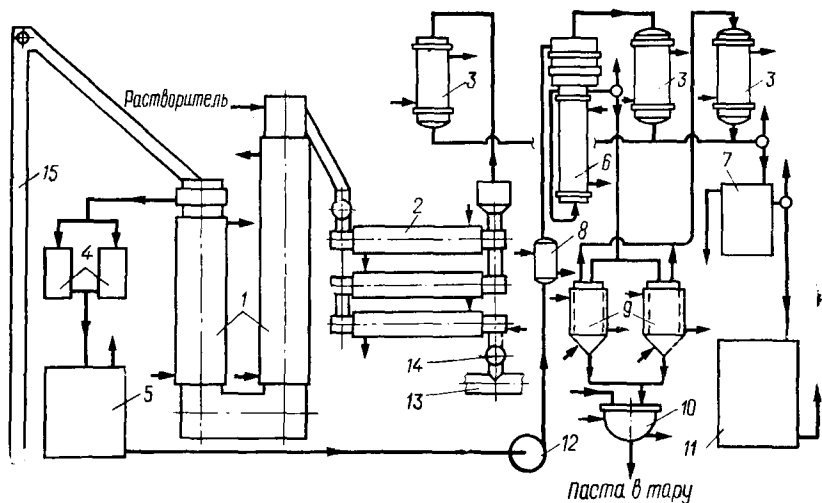


Рис. 29. Технологическая схема получения хлорофилло-каротиновой пасты в винтовых аппаратах непрерывного действия:

1 — винтовой экстрактор непрерывного действия; 2 — винтовой испаритель; 3 — конденсатор-холодильник; 4 — фильтр; 5 — сборник мисцеллы; 6 — пленочный выпарной аппарат; 7 — флорентина; 8 — подогреватель мисцеллы; 9 — выпарной куб; 10 — омылитель; 11 — сборник растворителя; 12 — насос; 13 — пневмотранспортер; 14 — шлюзовой затвор; 15 — ковшовый элеватор

Впитавшийся в древесную зелень растворитель отгоняется в винтовом испарителе, в котором хвоя последовательно перемещается тремя винтами, соединенными между собой пересыпными патрубками. Навстречу хвое в нижний винт испарителя подается острый пар. Проксэтрагированная древесная зелень выводится из испарителя через шлюзовой затвор и пневмотранспортер.

Основная масса растворителя (до 90%) отгоняется от мисцеллы в пленочном выпарном аппарате непрерывного действия. Упаренная мисцелла собирается в одном из двух попеременно работающих выпарных кубов, где от смолистых веществ отгоняются остатки растворителя и эфирное масло. Конечная температура в верхней части куба 120° С.

Смолистые вещества омыляются триэтаноломином в реакторе-омылителе с мешалкой при 70—80° С с получением хлорофилло-каротиновой пасты трихлорэтиленовой экстракции. Выход хвойной хлорофилло-каротиновой пасты трихлорэтиленовой экс-

тракции из 1 т древесной зелени составляет 85—90 кг. Расход на 1 т продукта, т: древесной зелени 11,4; трихлорэтилена 2,0; триэтанолamina 0,13—0,15.

В НПО «Силава» на базе типового оборудования, кроме нестандартных экстракторов и перегонных кубов, разработан типовой проект лесобioхимического цеха. Производительность цеха при 3-сменной работе — 600 т свежесрубленной сосновой древесной зелени. При такой переработке будет получено: хвойной хлорофилло-каротиновой пасты — 30 т; тяжелого эфирного масла — 57 кг; хвойного воска — 1,86 т.

Технико-экономические показатели (по типовому проекту)

Годовой выпуск товарной продукции, тыс. р.	123,95
Годовая потребность, т:	
в сырье (влажность 50%)	600
в бензине	39
в едком натре	2,82
Общая сумма капиталовложений, тыс. р.	101,27
Средняя прибыль предприятий, тыс. р.	47,52
Средняя рентабельность, %	62
Окупаемость капитальных вложений, год	2,54
Удельные капитальные затраты на 1 р. товарной продукции, к.	81,7

Технология получения хлорофиллина натрия. Процесс получения концентрата хлорофиллина натрия был разработан в Ленинградской лесотехнической академии. В сухом виде хлорофиллин натрия представляет собой порошкообразный продукт черного цвета, растворяющийся в спирте и воде. Водный раствор имеет темно-зеленый цвет, своеобразный запах, горьковатый вкус. Хлорофиллин натрия является наиболее устойчивой формой хлорофилла. Препарат применяется как биологически активная добавка в косметических препаратах, а также как лечебное средство в медицине.

Технология производства хлорофиллина натрия состоит из нескольких стадий (рис. 30): измельчение древесной зелени; экстракция измельченной древесной зелени бензином; охлаждение и фильтрация бензинового экстракта древесной зелени (для отделения воскообразных продуктов); омыление экстракта водным раствором едкого натра; отделение бензинового раствора неомыляемых веществ; разложение водного раствора омыленных смолистых веществ разбавленной серной кислотой; отмывка кислот от хлорофиллина-сырца бензином; отгонка остатков растворителя от хлорофиллина-сырца и промывка его водой. Первые две стадии проводят таким же образом, как и в производстве хлорофилло-каротиновой пасты. Затем бензиновый экстракт, охлажденный до 20° С, после отстаивания насосом через фильтр собирается в промежуточный сборник отфильтрованного экстракта. После окончания фильтрации раствор сливается в реактор-омылитель. Фильтрация осуществляется в нутч-фильтре вакуум-насосом. Экстракт нагревается до 60—70° С и обрабаты-

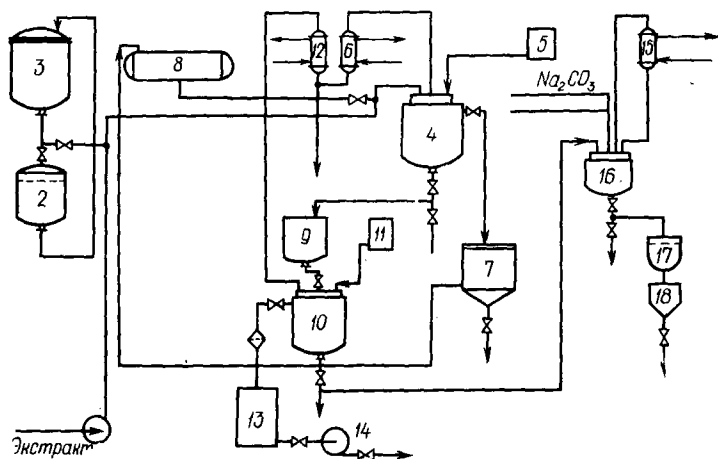


Рис. 30. Технологическая схема получения хлорофиллина натрия:

1, 14 — насос; 2 — фильтр; 3 — сборник отфильтрованного экстракта; 4 — реактор; 5 — дозатор щелочи; 6, 12, 15 — конденсатор-холодильник; 7 — сборник-промыватель; 8 — подогреватель; 9 — мерник; 10 — реактор-подкислитель; 11 — дозатор кислоты; 13 — сборник бензинового раствора кислот; 16 — нейтрализатор; 17 — фильтр; 18 — сборник

ется 30% водным раствором щелочи. Расчетное количество щелочи подается из мерника в течение 10—15 мин при интенсивном перемешивании. Расход щелочи на омыление составляет 16—17% содержания смолистых веществ древесной зелени в бензиновом экстракте. Обработка ведется при непрерывном перемешивании в течение 1 ч. Пары бензина из реактора поступают в конденсатор-холодильник, откуда бензин стекает во флорентину для отделения от воды. Бензин поступает в сборник рабочего растворителя, а вода в канализацию промышленных стоков.

После омыления в реактор приливается при перемешивании вода, затем в течение не менее 2 ч происходит отстаивание до четкого разделения оранжевого бензинового раствора неомыляемых веществ и зеленого водно-щелочного раствора продуктов омыления. Бензиновый раствор неомыляемых веществ сливается в сборник-промыватель. Продукты омыления трижды промываются бензином, который подается из сборника. Промывка осуществляется при температуре 60—70° С и перемешивании в течение 5—10 мин. После промывки водный раствор омыленных продуктов сливается в сборник омыленных растворов. Продукты омыления нескольких операций (2—3 омылений) из сборника омыленных растворов самотеком поступают в реактор-окислитель. В реакторе обрабатываются 10—20%-ным водным раствором серной кислоты, подаваемой из мерника, до явно кислой реакции. Разложение идет при перемешивании в течение 20—30 мин при температуре 70—80° С. После окончания разложения происходит 10—12-часовое отстаивание. Затем кислая вода сливается, а кислые продукты промываются бензином при температуре 60—

80° С. Хлорофиллин-сырец в реакторе-подкислителе трижды промывается. Расход бензина при этом составляет 30—40 л на одну промывку. Время перемешивания равно 10—15 мин, отстаивания после каждой промывки — не менее 1 ч.

Бензиновый раствор смолистых через фильтр сливается в бак для бензиновых растворов, откуда насосом подается в перегонный куб для отгонки бензина. Полученная кислотная фракция сливается в промежуточную емкость и является исходным сырьем для получения «бальзамической пасты». После бензиновых промывок отгоняются следы растворителя, пары которого конденсируются в конденсаторе-холодильнике и далее поступают в сборник рабочего растворителя. Промытый бензином хлорофиллин-сырец дополнительно дважды промывается водой. После отстаивания вода сливается в канализацию промстоков, а хлорофиллин-сырец подается в нейтрализатор. Нейтрализация проводится углекислым натрием в 20%-ном водном растворе этилового спирта [8]. Для нейтрализации 1 кг хлорофиллина-сырца расходуется 200 г соды и 10 л 20%-ного этанола. Перед этой операцией производится слив отстоявшейся воды и растворение хлорофиллина-сырца в этиловом спирте. Спиртовой раствор хлорофиллина-сырца глухим паром подогревается до 75° С, после чего нейтрализуется твердым углекислым натрием в течение 15—20 мин при перемешивании. Раствор хлорофиллина натрия разбавляется этанолом и через фильтр спускается в перегонный куб. Оборот нейтрализатора 3 ч. В перегонном кубе производится отгонка этилового спирта от концентрата хлорофиллина натрия, пары спирта поступают в конденсатор-холодильник, конденсат возвращается в бак для спирта.

При получении спиртового раствора хлорофиллина натрия спирт частично отгоняется до получения раствора хлорофиллина нужной концентрации. При получении водного раствора спирт отгоняется полностью, и концентрат хлорофиллина натрия растворяется в воде. Полученные спиртовые или водные растворы хлорофиллина натрия разливаются в фасовочном отделении в теклянную тару.

В связи с тем, что выпуск хлорофиллина натрия в виде водных или спиртоводных растворов затрудняет транспортировку и ранение продукта, Н. К. Чернышева с авторами [8] провела исследования получения сухого препарата. Анализируя полученные результаты, авторы установили, что потери сухого препарата хлорофиллина натрия составляют 4—10% в зависимости от исходной концентрации раствора: чем выше его концентрация, тем больше выход сухого продукта. Потери сухого препарата зависят и от температуры на выходе из сушильной камеры: чем выше конечная температура, тем меньше потери сухого препарата хлорофиллина натрия. В процессе сушки продуктом распылением хранность его возрастает. Сухой препарат хлорофиллина натрия представляет собой порошок темно-зеленого цвета, жирный

на ощупь, хорошо растворимый в воде и спирте. Хлорофиллин натрия содержит 25—30% хлорофилла, 60—65% солей жирных и смоляных кислот и около 4—5% неомыляемых.

Одной из основных операций в процессе получения хлорофиллина натрия из древесной зелени сосны и ели или их смеси, существенно влияющей на качественный и количественный выход продукта, является омыление бензинового экстракта с целью отделения неомыляемых веществ, в том числе всех желтых пигментов. При этом неомыляемые вещества являются побочными продуктами производства хлорофиллина натрия.

Как показали исследования, проводимые в Ленинградской лесотехнической академии [8], в неомыленных веществах содержатся биологически активные соединения, среди них такие, как витамины Е, К, провитамин А, фитол, стерины и др. Следовательно, неомыляемые вещества могут быть использованы для создания новых биологически активных препаратов из древесной зелени. Неомыляемые вещества составляют 25—30% суммы смолистых веществ древесной зелени, извлеченных бензином.

Технология провитаминного концентрата представлена в следующем виде (рис. 31). Бензиновый раствор неомыляемых веществ, получаемый при омылении бензинового экстракта смолистых веществ древесной зелени, в сборнике-отстойнике промыш-

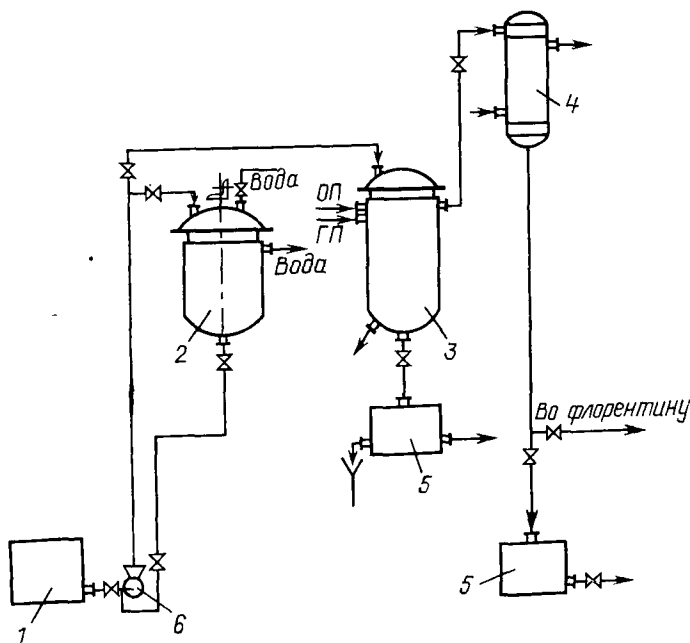


Рис. 31. Технологическая схема получения провитаминного концентрата:

1 — сборник бензинового раствора неомыляемых; 2 — отстойник-промыватель; 3 — перегонный куб; 4 — конденсатор-холодильник; 5 — промежуточные емкости; 6 — насос

вается водой. Промывка производится при перемешивании в течение 5—10 мин до нейтральной реакции промывной воды. После каждой промывки смесь отстаивается в течение 20—30 мин. Промытый бензиновый раствор неомыляемых веществ перекачивается в перегонный куб. Раствор нагревается до 95—100° С глхим паром, а затем глухим и острым паром до тех пор, пока в дистилляте не останется следов эфирных масел. Для избежания разрушения биологически активных веществ температура в аппарате не должна превышать 105° С.

После прекращения отгонки продукт отстаивается 15 мин. Провитаминный концентрат-сырец сливается в промежуточную емкость. После охлаждения полностью удаляется нижний слой (возвращается в производство), а готовый продукт — провитаминный концентрат — собирается в приемнике, разогревается до 60—70° С и фильтруется через капроновую ткань.

Провитаминный концентрат, полученный из древесной зелени, представляет собой маслянистый продукт ярко-оранжевого цвета со специфическим хвойным запахом. Выход его составляет 22—26% суммы смолистых веществ в бензиновом экстракте, или 4—5 кг из 1 т хвои. В состав провитаминного концентрата входят спирты (32—35%), углеводороды (28—30%), альдегиды и кетоны (29—30%), простые эфиры (3—5%). Из биологически активных веществ в концентрате определены фитол (до 26%), каротиноиды (до 0,6%), витамин Е (до 0,6%), витамин К, а также стерины (до 3,8%). Благодаря своей нетоксичности и высокой биологической активности провитаминный концентрат из древесной зелени может быть использован как исходное сырье для получения фитола и витамина Е медицинского и кормового назначения.

При переработке древесной зелени ели в экстракте содержится больше хлорофилловых пигментов, чем при переработке сосновой древесной зелени. Поэтому при получении лесобиохимических продуктов древесную зелень сосны и ели целесообразно перерабатывать раздельно: экстракт из сосновой древесной зелени — на хлорофилло-каротиновую пасту, а экстракт из еловой хвои — на хлорофиллин натрия.

Технология получения хвойного лечебного экстракта. Технологический процесс производства хвойного натурального экстракта (рис. 32) включает: подготовку древесной зелени к экстрагированию; экстрагирование древесной зелени; переработку растворов; разгонку эфирных масел. Древесную зелень на автомашинах подвозят к цеху и выгружают на бетонированную площадку. Древесная зелень после вальцевания и обработки на универсальной кормовой дробилке ленточным транспортером или пневмотранспортом через циклон и наклонный скребковый транспортер подается на горизонтальный ленточный транспортер. Ленточным транспортером осуществляется загрузка измельченной древесной зелени в любой экстрактор. Отгонка эфирных

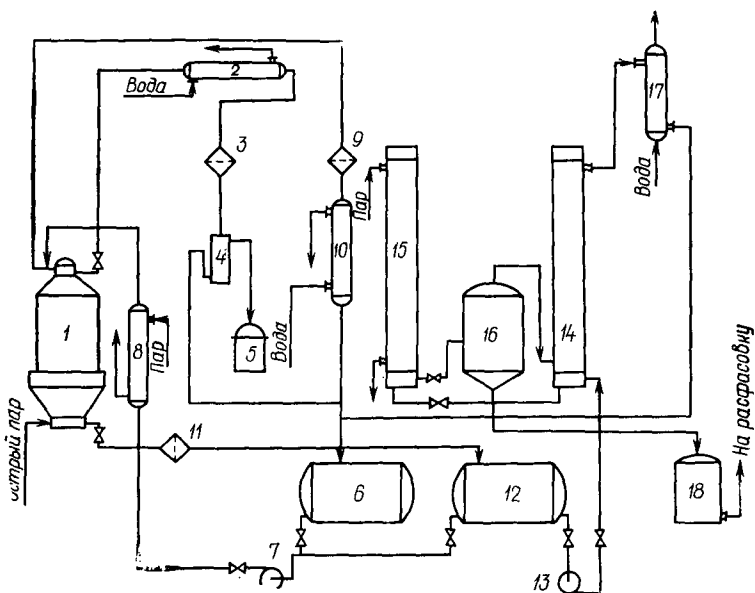


Рис. 32. Технологическая схема получения лечебного хвойного экстракта:
 1 — экстрактор; 2, 17 — конденсатор-холодильник; 3, 9, 11 — фильтр; 4 — флорентина;
 5 — сборник эфирного масла; 6 — сборник сокового конденсата; 7, 13 — насос; 8 — подогреватель;
 10 — конденсатор-холодильник; 12 — сборник мисцеллы; 14 — подогревательная колонна;
 15 — испарительная колонна; 16 — сепаратор; 18 — сборник упаренного экстракта

масел и экстракция проводятся в батарее, состоящей из шести экстракторов. Батарея работает следующим образом: сначала в экстрактор загружают измельченную древесную зелень, затем подключают его к теплообменнику для отгонки эфирного масла. Отгонка эфирного масла производится острым паром низкого давления. Пары эфирного масла и воды проходят через теплообменник, где конденсируются. Конденсат через фильтр поступает во флорентину на разделение. Масло собирают в приемник, а воду направляют в сборник сокового конденсата. После отгонки эфирного масла экстрактор подключают к другому экстрактору, из которого слита мисцелла первой экстракции и сделан последующий пережим экстракционных вод в системе с перемещением на один экстрактор. В освободившийся хвостовой экстрактор закачивают пятую экстракцию насосом через подогреватель из сборника сокового конденсата. Экстрагирование в системе экстракторов продолжают до окончания отгонки эфирных масел, после чего производят пережим с перемещением экстракционных вод на один экстрактор. Для этого через хвостовой экстрактор с помощью сжатого воздуха создают избыточное давление. Пережим проводят последовательно, заполняя экстракторы для третьей, второй и первой стадий экстракции. Освободившийся экстрактор ставится на выгрузку. В период проведения экстрак-

ции в экстракторы подают острый пар. Образовавшиеся при кипении мисцеллы пары из экстракторов проходят через фильтр в теплообменник. Дистиллят собирается в сборнике сокового конденсата.

Обработанную древесную зелень из экстракторов выгружают в приемник. Мисцеллу первой экстракции сливают через фильтр в сборник. Из сборника насосом мисцелла непрерывно подается в подогревательную колонну, где подогревается до 60—80° С. Затем она направляется в испарительную колонну. Парожидкостная смесь из испарительной колонны поступает в сепаратор на разделение. Пары (соковый пар) подаются в межтрубное пространство подогревательной колонны и используются как теплоноситель для подогрева мисцеллы. Несконденсированный в подогревательной колонне соковый пар поступает в теплообменник. Отсюда вместе с конденсатом, выходящим из нижней части подогревательной колонны, он направляется в сборник сокового конденсата. Из сепаратора жидкую фазу направляют в сборник (если она соответствует показателям готового экстракта, то в соответствующий сборник). Затем экстракт насосом закачивают в напорный бак и расфасовывают в предварительно подготовленные бутылки емкостью 0,5 л.

Полученный экстракт хвойный натуральный представляет собой жидкость коричнево-черного цвета с характерным запахом хвойного эфирного масла. Применяется как лечебное средство для приготовления хвойных ванн. По физико-химическим показателям экстракт хвойный натуральный должен соответствовать требованиям, приведенным ниже.

Подлинность	при нанесении двух капель на фильтровальную бумагу жидкость не должна растекаться в течение 1 мин
Плотность при 20° С, г/см ³	не менее 1,225
pH раствора	не более 5,0
Содержание эфирного масла, % объ-емн.	не менее 0,5
Содержание сухих веществ, %	не более 50
Зольность, % сухого остатка	не более 5
Содержание нерастворимых в воде веществ, % сухого остатка	не более 10

Для получения твердого соляно-хвойного экстракта жидкий экстракт 50%-ной концентрации из сборника насосом закачивают в реактор. Сюда загружают высушенную и размолотую поваренную соль. Смесь перемешивается и уваривается до температуры 125° С. Брикетная паста дозируется на автомате по 50 г. Брикеты завертывают в пергаментную бумагу и складывают в упаковочные ящики. Состав экстракта хвойного в брикетах следующий, г: экстракт хвойный натуральный — 20; хлорид натрия — 30; масло эфирное хвойное — 0,1. Масса брикета равна 50 г. Для получения 1 т экстракта 50%-ной концентрации требуется 5,8 т древесной зелени (50%-ной влажности), а для полу-

чения 1000 шт. брикетов массой по 50 г расходуется 40 кг жидкого (50%-ного) экстракта и 35 кг поваренной соли.

На рис. 33 показана технологическая схема получения хвойного лечебного экстракта в непрерывном процессе. Древесная зелень пневмотранспортом подается в циклон, из которого непрерывно поступает в винтовой экстрактор. Древесная зелень проходит по двум колоннам экстрактора и винтовым транспортером отводится за пределы цеха. Противоточно движению древесной зелени в экстрактор непрерывно подается горячая вода с температурой 80—85° С. Температура в экстракторе поддерживается глухим паром в пределах 85—90° С. Продолжительность

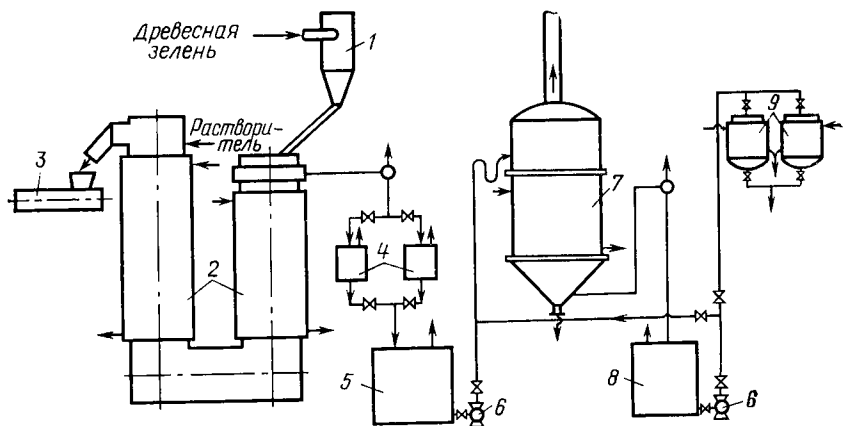


Рис. 33. Технологическая схема получения хвойного лечебного экстракта в аппаратах непрерывного действия:

1 — циклон; 2 — винтовой непрерывно действующий экстрактор; 3 — винтовой транспортер; 4 — фильтр; 5 — сборник; 6 — насос; 7 — пленочный выпарной аппарат; 8 — сборник; 9 — смеситель.

экстракции 2—3 ч в зависимости от числа оборотов винтов экстрактора. Выходящая из экстрактора мисцелла, содержащая 4—5% экстрактивных веществ, фильтруется на фильтре и из сборника непрерывно подается насосом в выпарной аппарат пленочного типа. Упаренный экстракт сливается в сборник, а затем в смесителях доводится до 50%-ного содержания сухого вещества, смешивается с эфирным маслом и расфасовывается в стеклянную тару. Выход экстракта составляет 150—160 л из 1 т древесной зелени.

Комплексная переработка древесной зелени. Комплексная переработка древесной зелени предусматривает полное использование всех составляющих ее компонентов. Эффективность получения продуктов при комплексной переработке зависит от выбора экономически обоснованного направления использования сырья. При получении продуктов путем бензиновой экстракции: в обработанной древесной зелени остаются неиспользованными

водорастворимые вещества, а при производстве хвойного лечебного экстракта — те вещества, которые извлекаются из древесной зелени бензином. Следовательно, целесообразно совместить экстракцию бензином и водой.

Экспериментальный проект экстракции бензином и водой был разработан в 1974—1975 гг. Технология двухступенчатой экстракции выглядит следующим образом. Измельченная древесная зелень транспортером подается в специальный контейнер, откуда загружается в экстракторы. По окончании загрузки в него через подогреватель каждого экстрактора из бака рабочего растворителя насосом подается бензин. Пары бензина из подогревателя поступают в экстрактор. В первый момент происходит конденсация паров бензина на холодной древесной зелени. Затем пары бензина и влаги, содержащейся в древесной зелени, проходят в конденсаторы-холодильники, где конденсируются. Стекающая флегма извлекает из древесной зелени растворимые в бензине вещества.

По окончании экстракции бензином экстракт перекачивается через фильтр в отстойники. Ввиду того, что экстракт задерживается на поверхности древесной зелени, производится отстаивание, после чего следует дополнительное перекачивание в отстойники. После слива бензинового экстракта в экстрактор подается острый пар низкого давления для отдувки остатков бензина. Образовавшаяся смесь паров воды и бензина поступает в конденсатор-холодильник. Охлажденный конденсат подается во флорентину, где происходит разделение бензина и воды. Бензин возвращается в рабочий цикл, а вода через бензолушку поступает в канализацию промышленных стоков.

Экстрагирование водорастворимых веществ из древесной зелени после бензиновой экстракции производится горячей водой в противоточной батарее, состоящей из шести экстракторов. Полученная водная мисцелла собирается в сборнике разбавленных растворов, откуда непрерывно дозирующим насосом подается в подогреватель, а из него — в выпарной аппарат пленочного типа.

Упаренный до 50%-ной концентрации экстракт собирается в сборник готового хвойного лечебного экстракта. Пары воды конденсируются в конденсаторе, и жидкость собирается в сборнике конденсата. Хвойный экстракт насосом подается в разливочное отделение, где смешивается с эфирными маслами. Готовый экстракт разливается в предварительно подготовленную тару.

Бензиновый экстракт поступает в отстойник, где отстаивается при охлаждении водой, подаваемой в рубашку отстойника. После отстаивания вода и механические примеси сливаются в канализацию. Воск-сырец самотеком поступает в перегонный куб. В кубе происходит отгонка воды и бензина от хвойного воска. Обогрев куба осуществляется глухим паром. Смесь паров бензина и воды подается в конденсатор-холодильник, а оттуда во флорентину на разделение. Бензин возвращается в бак для

рабочего растворителя, вода через бензолушку сливается в канализацию. Полученный хвойный воск в горячем виде разливается в металлические формы.

Отстоявшийся бензиновый экстракт через фильтр перекачивается в перегонный куб, в котором происходит отгонка бензина от смолистых веществ сначала глухим паром, а затем глухим и острым. Пары бензина и воды поступают в конденсатор-холодильник и далее на разделение во флорентину. В конце периода отгонки бензина во флорентину подается бензино-эфирно-масляная фракция. Отгонка продолжается до тех пор, пока в отгоне не останутся лишь следы масла. Полученные в кубе смолистые вещества сливаются в омылитель, куда из мерника поступают 40%-ная щелочь и вода. Процесс омыления протекает при температуре 80—90°С и перемешивании. Розлив в тару готовой хлорофилло-каротиновой пасты производится в горячем виде.

Эфирное масло-сырец собирается в кубе для разгонки. Содержимое нагревается глухим паром, затем подается острый пар, и ведется отбор фракций. Смесь водяного пара и эфирного масла поступает в колонну с насадкой, а затем в конденсатор-холодильник. Разделение воды, бензина и эфирных масел происходит во флорентине.

Экономическая эффективность при совмещенной экстракции ухудшается. Это объясняется тем, что стоимость продукции, полученной за период водной экстракции, выше затрат на ее выработку. Следовательно, необходимо сократить длительность бензиновой и водной экстракций. В предлагаемой технологии водную экстракцию предусмотрено проводить в тех же экстракторах, что и бензиновую. Однако при экстракции водой за то же время, что и при экстракции бензином, получается только один продукт (хвойный лечебный экстракт), который в пять раз дешевле основного продукта при экстракции бензином (хлорофилло-каротиновой пасты). Поэтому для того, чтобы эффективность производства была высока, необходимо устанавливать дополнительно экстракторы или интенсифицировать процесс экстракции.

В настоящее время предложено еще несколько технологий комплексного использования древесной зелени [7]. Принципиальная схема технологического процесса показана на рис. 34 [24, 27]. Вначале из древесной зелени экстрагируют органическим растворителем жирорастворимые вещества, а затем водой — водорастворимые. Остаток после двух экстракций идет на приготовление древесной муки, которая может быть использована в качестве наполнителя в производстве пластических масс.

Измельченная древесная зелень экстрагируется бензином. Бензиновый экстракт после отделения от него воскообразных веществ с получением товарного воска может перерабатываться по двум технологическим схемам. Первая схема предусматривает переработку бензинового экстракта древесной зелени с получением хлорофилло-каротиновой пасты. По второй схеме бен-

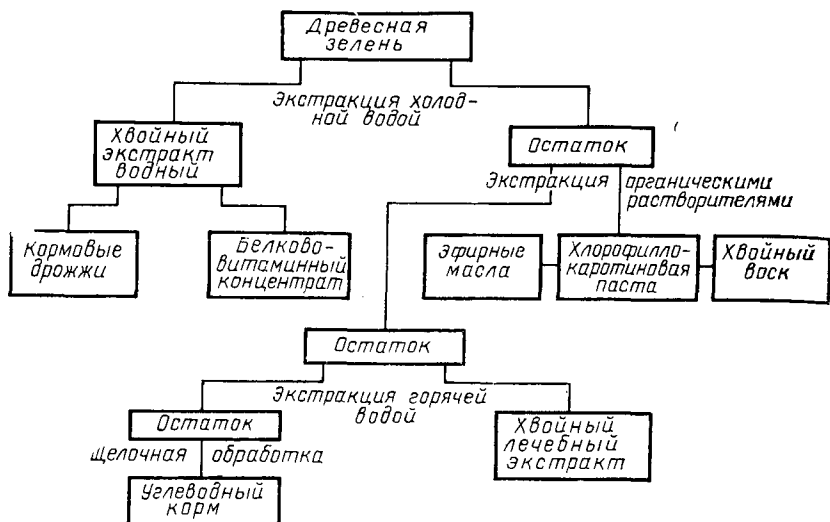


Рис. 34. Принципиальная схема комплексной переработки древесной зелени

зиновый экстракт омыляется 30%-ным водным раствором щелочи и из него выделяются в виде водного раствора натриевые соли смоляных и жирных кислот, а также хлорофиллин натрия. От бензинового экстракта после промывки отгоняется растворитель и остается провитаминный концентрат.

В 1975 г. цех комплексной переработки древесной зелени Тетеревского лесхоззага переработал 1000 т древесной зелени, из которой было получено 86,6 т хвойной хлорофилло-каротиновой пасты трихлорэтиленовой экстракции и 100,6 т хвойного лечебного экстракта. Себестоимость 1 т, р.: хлорофилло-каротиновой пасты — 2961,03; хвойного экстракта — 574,50.

Исследования комплексной переработки древесной зелени ведутся также в проблемной лаборатории Сибирского технологического института (рис. 35). Древесная зелень подвергается измельчению с одновременной экстракцией водой. Из полученного водного экстракта методом высаливания выделяется белково-витаминный концентрат. Выделенный белково-витаминный концентрат характеризуется по основным показателям, принятым для аналогичных кормов в сельском хозяйстве. Он содержит, % массы белково-витаминного концентрата: протеина — 55; клетчатки — 12,2; жира — 11,8; водорастворимых веществ — 10,2. В белково-витаминном концентрате также присутствуют кальций (1,3 г/кг), фосфор (0,7 г/кг) и другие минеральные вещества.

Исследования фракционного и аминокислотного состава показывают, что биологическая ценность концентрата находится в пределах 50—60%, что позволяет рекомендовать его для практи-

ческого использования. Остаток древесной зелени после экстракции холодной водой подвергается обработке органическим растворителем. В качестве последнего используется бензин. Полученный бензиновый экстракт, предварительно освобожденный от воскообразных компонентов, идет на получение хлорофилло-каротиновой пасты (или хлорофиллина натрия) по описанной технологии. Остаток древесной зелени после экстракции бензином продувается острым паром для удаления паров бензина, а затем

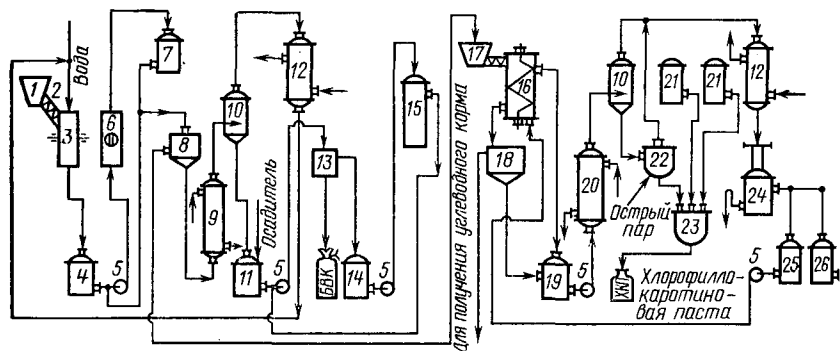


Рис. 35. Технологическая схема комплексной переработки древесной зелени: 1 — бункер сырья; 2 — винт; 3 — дисковый экстрактор; 4 — буферный бак; 5 — насос; 6 — пакетный гидродинамический генератор; 7 — сборник; 8 — фильтр; 9 — испаритель; 10 — сепаратор; 11 — сборник-осадитель; 12 — холодильник; 13 — центрифуга; 14 — сборник; 15 — ферментер; 16 — винтовой экстрактор; 17 — бункер; 18 — фильтр; 19 — сборник; 20 — испаритель; 21 — дозатор; 22 — перегонный куб; 23 — реактор-омылитель; 24 — флорентина; 25 — сборник растворителя; 26 — сборник эфирных масел

экстрагируется горячей водой. Полученный экстракт упаривается до содержания 50% сухих веществ. Упаренный раствор применяется как хвойно-лечебный экстракт. Схемой предусматривается использование водного экстракта древесной зелени для высушивания биомассы и получения кормовых дрожжей.

Применение предлагаемой технологии позволяет получить следующие продукты, кг/т абс. сух. сырья: белково-витаминный концентрат — 80—90; хлорофилло-каротиновую пасту — 50; хвойный воск — 6—7; тяжелое эфирное масло — 0,25; хвойный лечебный экстракт — 170—200; кормовые дрожжи — 60—70. Таким образом, в результате комплексной технологии древесной зелени, кроме хлорофилло-каротиновой пасты, хлорофиллина натрия и других продуктов, уже нашедших широкое применение, имеется возможность получать белково-витаминный концентрат, кормовые дрожжи и углеводный корм, являющиеся важной кормовой добавкой в сельском хозяйстве.

Существующие в настоящее время периодические и непрерывные (в винтовых экстракторах) способы извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени характеризуются значительной продолжительностью и малой производительностью. Так, в периодических экстракторах при использовании в качестве

экстрагента бензина продолжительность достигает 3—6 ч, а при использовании в качестве экстрагента воды — 12—14 ч. Продолжительность процесса в винтовых экстракторах составляет: 2 ч, при этом степень извлечения редко превышает 0,5—0,6.

Как показывают исследования Л. В. Васильевой и С. И. Ладинской [5], в структуре себестоимости затраты на сырье и материалы составляют почти 40% для процесса получения хлорофилло-каротиновой пасты и около 30% для получения хвойного лечебного экстракта. Поэтому особенно необходимо увеличить коэффициент использования древесной зелени, а также проводить ее комплексную переработку.

Таким образом, существующие методы извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени нуждаются в интенсификации. Предлагаются методы высушивания сырья парами экстрагента, методы обезвоживания древесной зелени механическим отжимом, а также проведение экстрагирования в роторно-пульсационных аппаратах [31]. Высушивание древесной зелени парами растворителя до оптимальной влажности увеличивает выход биологически активных веществ на 6—25%, зеленых пигментов на 15—35%, желтых пигментов на 20—40%. Обезвоживание древесной зелени механическим отжимом позволяет проводить извлечение экстрактивных веществ за 1,5—2,0 ч. Одновременно с этим повышается выход биологически активных веществ на 10—40%, зеленых пигментов на 30—70%, желтых пигментов на 35—100%. Применение роторно-пульсационного аппарата для извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени ограничено рядом трудностей, возникающих при эксплуатации. Так, попытка использования 3-цилиндрового роторно-пульсационного аппарата с шириной щелей 3—5 мм для извлечения экстрактивных веществ не увенчалась успехом. В самом начале работы происходит забивание щелей. Только сушка древесной зелени до влажности 8—9% даёт возможность нормально применять предлагаемый аппарат. Поэтому для работы роторно-пульсационного аппарата требуется дополнительная ступень в технологической схеме — сушка сырья. С другой стороны, для обеспечения хорошей сохранности пигментов сушку необходимо проводить при температуре 50°С продолжительностью не более 6 мин. При этом исходная древесная зелень должна быть измельчена до волокнистой массы грубого помола. При этом сохраняется 74% хлорофилла, а суммарные потери пигментов не превышают 1%. Применение роторно-пульсационного аппарата с шириной прорези 10 мм позволяет перерабатывать влажную древесную зелень, но при этом возрастает расход электроэнергии. Кроме того, большим недостатком является необходимость тонкого предварительного измельчения древесной зелени (до 2—8 мм).

Интенсификация процесса экстракции. Интенсификация извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени невозможна без глубокого изучения диффузионно-кинетических характе-

ристик. Имеющиеся в литературе сведения о кинетике извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени немногочисленны и касаются главным образом периодических способов извлечения [16—18, 31]. Ранее были получены зависимости выхода экстрактивных веществ (или их компонентов) от продолжительности процесса, вида растворителя, температуры и гидродинамических условий. К ним в первую очередь можно отнести извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени сосны и ели изопропанолом различной концентрации [8, 13] и бензином из древесной зелени ели [18].

Только в последнее время сделана попытка диффузионной оценки процесса извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени ели бензином. Получены критериальные уравнения в явной форме, описывающие изменение коэффициента массоотдачи в зависимости от гидродинамических условий и температуры. Если по таким растворителям, как бензин, изопропиловый спирт, имеются немногочисленные сведения, то для воды они практически отсутствуют.

Процесс диффузии можно разделить на следующие стадии: проникновение экстрагента внутрь растительного материала и растворение веществ, находящихся в нем; вымывание раствора или клеточного сока из разрушенных клеток и открытых пор; массоперенос веществ через пористые клеточные стенки в результате молекулярной диффузии к поверхности частиц; массопередача веществ от поверхности растительного материала в раствор. В действительности четко разграничить эти стадии не представляется возможным, поскольку все они протекают параллельно и последовательно. Это крайне затрудняет точное математическое описание процесса экстракции, которое зависит также и от сложности строения растительного сырья.

На выход веществ при экстракции древесной зелени оказывает влияние множество факторов: факторы, определяемые технологическими свойствами сырья; факторы, влияющие на процесс массопередачи внутри частиц сырья и в экстрагенте.

Среди факторов первой группы существенным является измельчение. Как известно, экстрактивные вещества расположены в полостях клеток или на их поверхностях. Поэтому основными задачами измельчения можно считать разрушение макроструктуры растительного сырья. При этом часть клеток вскрывается и в ходе последующего экстрагирования вещества, находящиеся во вскрытых клетках, легко вымываются экстрагентом. Вследствие этого при экстрагировании происходит растворение и быстрое вымывание веществ из разрушенных клеток, а также медленная диффузия растворенных веществ из неразрушенных клеток. Первый процесс протекает в несколько раз быстрее, чем второй, и зависит от гидродинамических условий. Второй процесс протекает довольно медленно и зависит от коэффициента диффузии внутри растительного сырья.

Исходя из сказанного процесс экстракции в зависимости от скорости делится на два периода — быстрый и медленный. Первый из них в самом начале имеет почти прямолинейный характер. Здесь извлекаются наиболее доступные для растворителя биологически активные вещества, расположенные на внешней, обнаженной в результате измельчения поверхности частиц древесной зелени, и непрочные связанные со структурой экстрагируемого материала. Этот процесс определяется скоростью растворения и массоотдачи от поверхности материала. Следовательно, количество веществ, перешедших в раствор в период быстрой экстракции, может служить относительной характеристикой числа разрушенных клеток, при условии равномерного распределения экстрактивных веществ в древесной зелени. Длительность и глубина этого периода определяются в основном степенью измельчения сырья. Во втором периоде происходит извлечение экстрактивных веществ из труднодоступных частей древесной зелени молекулярной диффузией; интенсивность процесса при этом резко снижается.

Для изучения особенностей этих процессов в Сибирском технологическом институте были определены значения коэффициентов вымывания экстрактивных веществ из древесной зелени. Коэффициент вымывания находится в прямой пропорциональной зависимости от количества разрушенных клеток и поверхности массопередачи. Нахождение коэффициента вымывания осуществлялось для различной температуры процесса и экстрагентов.

Коэффициент вымывания определялся решением следующего уравнения:

$$(g_0 - g_i)'g_0 = b + k \tau,$$

где g_0 — начальное содержание экстрактивных веществ в сырье; g_i — содержание экстрактивных веществ в сырье после экстрагирования; b — коэффициент вымывания; k — угловой коэффициент; τ — время.

Результаты определения коэффициентов вымывания показали, что чем выше степень измельчения сырья, тем выше коэффициент вымывания; он также растет с повышением температуры и снижением концентрации изопропилового спирта.

Влияние степени измельчения древесной зелени тесно связано с величиной поверхности частиц. В технологических исследованиях обычно пользуются величиной удельной поверхности — поверхности единицы массы материала. Существуют эмпирические формулы для определения удельной поверхности сырья, а также методы нахождения ее по обтеканию кусочков сырья жидкостью или газом. Известны сорбционные методы, основанные на сорбции газа или вещества из растворов. Определить удельную поверхность материала можно по теплоте смачивания жидкости и поглощению ее за определенное время. Нами опре-

деление поверхности частиц древесной зелени проводилось методом сорбции красителя. Удельные поверхности частиц древесной зелени длиной 50 мм, 10 мм и измельченной древесной зелени соответственно составили 2100 см²/г, 3500 см²/г и 25 000 см²/г.

Скорость движения растворителя оказывает положительное влияние на результаты экстракции. Наиболее полно влияние гидродинамического воздействия проявляется при экстрагировании сырья в кипящем слое. Дальнейшим развитием гидродинамического способа воздействия явилась разработка вихревой экстракции, где наряду с экстракцией происходит и частичное измельчение сырья. Применение ультразвука при экстрагировании оказывает положительное влияние на извлечение экстрактивных веществ.

Весьма перспективны для интенсификации процесса диффузии в пористых телах механические колебания с частотой порядка нескольких сотен или тысяч герц. Для создания таких колебаний разработаны роторно-пульсационные аппараты. Схематическое устройство такого аппарата показано на рис. 36. Рабо-

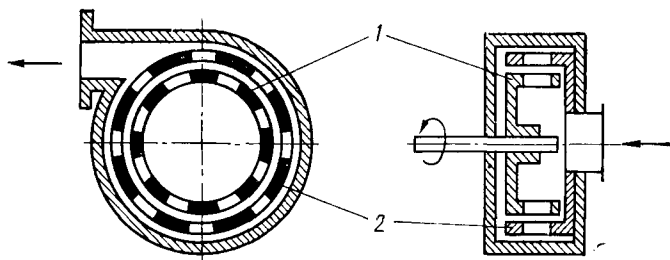


Рис. 36. Роторно-пульсационный аппарат:

1 — ротор; 2 — статор

чими органами здесь являются насаженный на вал ротор 1, представляющий собой набор цилиндрических колец с продольными прорезами, и такой же статор 2. Кольца ротора входят в пространство между кольцами статора с небольшим зазором. Обрабатываемая среда находится внутри ротора, который для создания напора снабжается специальными радиальными лопастями.

При вращении ротора прорезы в нем попеременно совмещаются с прорезами в статоре и перекрываются перемычками между отверстиями. При совмещении этих отверстий обрабатываемая среда движется в радиальном направлении, а при перекрытии движение в радиальном направлении прекращается. Поэтому за счет чередующегося изменения площади поперечного сечения канала для прохода экстрагируемой среды возникает пульсационное движение. Частота колебания этого движения равна произведению частоты вращения ротора на число прорезей. Помимо пульсационного движения в таких аппаратах создаются

Большие градиенты скорости в зазоре между ротором и статором. Применение таких аппаратов позволяет резко ускорить внутренний диффузионный перенос. Однако предлагаемые аппараты для извлечения биологически активных веществ из древесной зелени имеют ряд недостатков, которые описаны выше.

Род экстрагента, применяемого для извлечения веществ из растительного сырья, играет решающую роль. По степени гидрофильности вещества, извлекаемые из древесной зелени, можно разделить на гидрофильные, гидрофобные и смешанные. Выбор экстрагента для извлечения вещества зависит от степени его гидрофильности. Здесь используется известное правило — подобное растворяется в подобном. Вещества полярные хорошо растворяются в полярных растворителях, вещества неполярные — в неполярных. Необходимо отметить, что в древесной зелени большинство веществ относится к гидрофильным, поэтому более полярные экстрагенты будут экстрагировать лучше.

Интересно применение в качестве экстрагента водно-спиртовых смесей. Диэлектрическая постоянная этих смесей может быть изменена в больших пределах, и это позволяет экстрагировать широкий круг веществ. Как известно, экстрагент оказывает влияние не только на экстрагирование какой-либо группы веществ, но и на общее число извлеченных компонентов из древесного растительного материала. При исследовании влияния концентрации спирта на общий выход экстрактивных веществ установлено, что с понижением концентрации спирта выход увеличивается.

В настоящее время для получения биологически активных веществ из древесной зелени в качестве экстрагента применяют бензин или трихлорэтилен. Однако эти экстрагенты извлекают только 4—7% экстрактивных веществ от их исходного содержания в древесной зелени. Высокой экстрагирующей способностью по отношению к экстрактивным веществам древесной зелени обладают ацетон (47,5%), диоксан (44,5%), этанол 96%-ный (46,4%) и изопропиловый спирт (38,8%). Одним из перспективных растворителей для извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени является изопропиловый спирт [13]. Было показано, что наибольшее количество экстрактивных веществ извлекается разбавленным изопропанолом (концентрация 55—60% об.). Выход жирорастворимых веществ с повышением концентрации изопропанола растет. С повышением концентрации спирта от 60 до 100% выход жирорастворимых увеличивается в 2 раза, а водорастворимых уменьшается в 1,5 раза.

В последнее время для извлечения экстрактивных веществ из растительного материала в качестве растворителя применяются сжиженные газы (углекислота, аммиак и др.). Процесс экстрагирования в этом случае проводится под давлением. Эффективность применения сжиженных газов очень высока. Этот экстрагент является удобным, так как при снятии давления он полно-

стью улетучивается и в итоге остается только сумма проэкстрагированных веществ. Наибольшее внимание среди сжиженных газов уделяется углекислоте. Полученные углекислотные экстракты по количественному и качественному составам не только ни в чем не уступают экстрактам, полученным обычными методами, но порой и превосходят их.

Влияние температуры на процесс экстракции в общем случае можно проследить по уравнению Эйнштейна: $D_1/D = T_1\mu/(T\mu_1)$, где D_1, D — коэффициенты диффузии при разных температурах; μ, μ_1 — вязкость жидкости при разных температурах; T, T_1 — температура. С повышением температуры уменьшается вязкость экстрагируемой жидкости, а следовательно, улучшаются гидродинамические условия процесса. При этом растворитель легче проникает в поры растительного сырья. Кроме того, с повышением температуры усиливается тепловое движение молекул, за счет чего повышается коэффициент диффузии.

Л. А. Малютина и В. А. Выродов [16] показали, что повышение температуры положительно сказывается на извлечении биологически активных веществ в течение всего процесса экстракции древесной зелени ели, измельченной на установке «Волгарь-5». Так, повышение температуры с 30 до 70° С увеличивает выход биологически активных веществ в 1,5—1,8 раза. Скорость процесса повышается при экстрагировании бензином в проточном экстракторе при неподвижном слое древесной зелени почти в 25—30 раз (рис. 37). Другие авторы [8] указывают на то, что

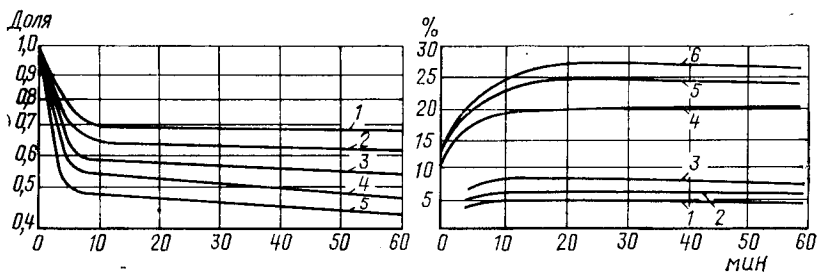


Рис. 37. Кинетика извлечения биологически активных веществ из древесной зелени влажностью 57,7% при скорости движения растворителя 0,005 м/с и температуре:

1 — 30; 2 — 40; 3 — 50; 4 — 60; 5 — 70 °С

Рис. 38. Кривые извлечения экстрактивных веществ хвои в зависимости от температуры:

1, 2, 3 — бензином при температуре 20, 40, 60 °С соответственно; 4, 5, 6 — изопропиловым спиртом при температуре 20, 60, 80 °С соответственно

повышение температуры экстракции способствует более быстрому достижению равновесия концентрации хлорофилла в растворе, но отрицательно сказывается на сохранности пигментов. Эти авторы отмечают, что температура оказывает существенное влияние на выход экстрактивных веществ (рис. 38). Так, если при

20° С за 1 ч извлекается 22% экстрактивных веществ от массы абс. сух. древесной зелени, то при 60° С этот же выход достигается через 15—20 мин. Повышение температуры до 80° С не влияет на равновесный выход экстрактивных веществ, но приводит к значительным потерям биологически активных веществ. Оптимальными условиями процесса, с точки зрения сохранности пигментов, при экстракции изопропанолом следует считать температуру от 40 до 60° С при продолжительности не более 10—15 мин.

В проблемной лаборатории Сибирского технологического института также проводилось изучение влияния температуры на экстрагирование древесной зелени сосны изопропиловым спиртом разной концентрации. Было установлено, что с повышением температуры общий выход экстрактивных веществ увеличивается (рис. 39). Это объясняется тем, что с повышением температуры уменьшается величина диффузионного сопротивления материала, а также ослабевают адсорбционные связи экстрактивных веществ с твердой фазой. Кроме того, с повышением температуры уменьшается вязкость экстрагента, что позволяет ему более бы-

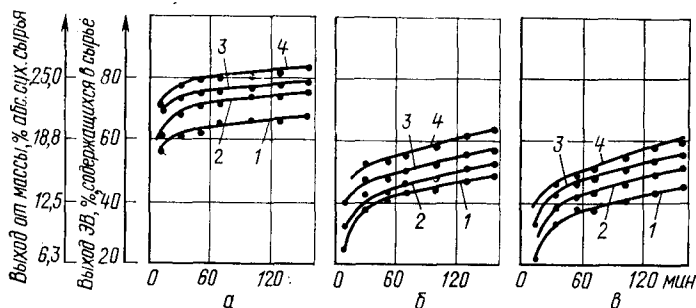


Рис. 39. Кривые извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени сосны изопропанолом концентрацией 85% об. в зависимости от температуры процесса:

а — ДЗ измельченная; б — ДЗ, частицы длиной 10 мм; в — ДЗ, частицы длиной 50 мм; 1, 2, 3, 4 — температура опытов (соответственно 20, 40, 60, 80 °С)

стро проникать внутрь частиц древесной зелени. Уменьшение вязкости улучшает также гидродинамические условия экстрагирования. При повышении температуры свыше 60° С биологически активные вещества претерпевают необратимые изменения. Поэтому нагрев при извлечении биологически активных веществ должен быть ограничен той температурой, при которой не будет происходить деструкции этих веществ. Таким образом, на процесс экстракции влияет ряд факторов, основными из которых являются степень измельчения, температура и гидродинамические условия процесса. Однако, несмотря на то, что температура положительно влияет на повышение скорости процесса и увеличение выхода экстрактивных веществ, она отрицательно сказывается на сохранности ряда компонентов древесной зелени. По-

этому этот фактор ограничен относительно низким верхним пределом.

Экстрактивные вещества содержатся во внутренних полостях клеток. Для перехода в экстракт им необходимо преодолеть клеточные мембраны и стенку, которые обладают значительным диффузионным сопротивлением. Это сопротивление можно уменьшить за счет разрушения клеточных мембран и стенок. В результате увеличивается количество вымываемого вещества из разрушенных клеток и уменьшается количество веществ, которые будут извлекаться молекулярной диффузией.

Таким образом, одним из решающих факторов процесса экстракции биологически активных веществ из древесной зелени является степень измельчения, или степень разрушенности клеток. При этом процесс должен протекать в интенсивном гидродинамическом режиме.

Все это явилось основанием для разработки способа интенсификации процесса экстракции веществ из древесной зелени. Было предложено экстрагирование и измельчение проводить в одном аппарате — дисковом экстракторе. Его рабочими органами являются два диска, расположенные в корпусе. Один из них насажен на вал и приводится в движение от электродвигателя, другой — неподвижный. На дисках в радиальном направлении нанесены прорезы. При вращении диска прорезы на нем попеременно совмещаются с прорезями на неподвижном диске. За счет чередующегося изменения площади поперечного сечения для прохода экстрагируемой среды создаются такие гидродинамические условия, при которых происходит наибольшее изменение давления в зоне воздействия, т. е. происходит наложение силовых пульсаций на обрабатываемый материал. В дисковом экстракторе создаются также мощные вихри в пространстве. Все это позволяет значительно интенсифицировать процесс экстрагирования как за счет дополнительного измельчения, так и за счет более благоприятной гидродинамической обстановки.

Оптимизация процесса экстрагирования древесной зелени. Процесс извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени зависит от многих факторов. Основными из них являются измельчение, температура, гидродинамические условия. На современных производствах измельчение проводится на кормодробилках различных видов с предварительным пропуском через вальцы или без них. Однако существующий способ измельчения не удовлетворяет полностью запросов производства. При однократном пропуске древесной зелени через дробилку степень измельчения недостаточна. При повторном измельчении появляется много мелких частиц, значительно увеличивающих гидравлическое сопротивление экстрактора (диффузора). За счет этого развивается «слеживание» массы и увеличивается оборот экстрактора. Все это говорит о том, что увеличение степени измельчения при периодическом способе экстракции не повышает интен-

сивности процесса. Для успешного решения задач, связанных с интенсификацией процесса экстрагирования, последний следует проводить непрерывным способом, где отсутствовало бы «слеживание» сырья. Одновременно с экстрагированием целесообразно доизмельчение древесной зелени с целью повышения коэффициента вымывания.

Для нахождения оптимального режима экстракции важно определить критерий оптимизации. Целесообразно оптимизировать процесс по совокупности нескольких показателей, например по выходу экстрактивных веществ с учетом достижения определенных качественных показателей отдельных продуктов.

Следующим важным этапом оптимизации оказывается выбор независимых переменных. Для процесса экстрагирования древесной зелени в дисковом экстракторе можно назвать такие факторы, как зазор между дисками, концентрация древесной зелени (или гидромодуль), температура, продолжительность процесса и др. Однако температуру процесса экстрагирования необходимо поддерживать в пределах 36—39° С, так как при более высокой температуре разрушаются биологически активные вещества, а при более низкой — снижается скорость процесса и выход экстрактивных веществ.

Важен и выбор плана эксперимента. Дело в том, что принятый план при минимальном числе опытов должен обеспечивать нахождение искомого оптимума. В последние годы предложено несколько планов, которые по своим свойствам близки к Д-оптимальному и при их реализации требуется минимальное число опытов.

Приведем пример оптимизации процесса извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени сосны в водной среде на дисковом экстракторе. При реализации эксперимента было применено статистическое планирование. В качестве плана был выбран полный факторный эксперимент (ПФЭ). Полный двухуровневый факторный план включает 2^k опытов, где k — число факторов. Выбранный план ортогональный, когда опыты планируются симметрично относительно среднего значения независимой переменной. При этом значения независимых переменных удобно заменить на кодированные в интервале от -1 до $+1$. Среднее значение переменной — X_0 называется основным (нулевым) уровнем, максимальное значение переменной X_{\max} — верхним уровнем, минимальное значение переменной X_{\min} — нижним уровнем планирования. Кодированные значения уровней: $X_0 = 0$; $X_{\max} = +1$; $X_{\min} = -1$. Независимыми переменными были выбраны: X_1 — величина зазора между дисками, мм; X_2 — концентрация абс. сух. древесной зелени, г/л; X_3 — продолжительность процесса, мин; X_4 — добавка щелочи при экстракции, % массы абс. сух. древесной зелени. Уровни варьирования факторов представлены в табл. 46.

Температура процесса поддерживалась в пределах 36—39° С.

Переменные факторы	Шаг варьирования	Уровни варьирования			Переменные факторы	Шаг варьирования	Уровни варьирования		
		нижний -1	основной 0	верхний +1			нижний -1	основной 0	верхний +1
X_1	0,15	0,20	0,35	0,50	X_3	10	20	30	40
X_2	25	25	50	75	X_4	0,15	0	0,15	0,30

Выходными параметрами явились: Y_1 — выход экстрактивных веществ, % абс. сух. древесной зелени; Y_2 — концентрация редуцирующих веществ в мисцелле, %; Y_3 — степень помола древесной зелени, °ШР; Y_4 — удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг извлекаемых веществ; Y_5 — выход протеина, % содержания в древесной зелени.

Матрица условий проведения опытов и результаты их реализации представлены в табл. 47. При реализации эксперимента проводилась рандомизация во времени для включения систематических ошибок, вызванных внешними условиями, в число случайных, к которым применимы законы теории вероятностей и положения математической статистики.

При факторном планировании уровни всех факторов изменяются последовательно в определенном порядке. Однако при изменении уровня одного фактора зависимость определяемого параметра от других факторов не сохраняется, как при классическом методе исследования, а изменяется. Тогда в уравнении регрессии взаимодействие факторов выражается в появлении дополнительных членов, содержащих произведение факторов.

ТАБЛИЦА 47

№ п.п.	X_1	X_2	X_3	X_4	\bar{Y}_1	\hat{Y}_1	\bar{Y}_2	\hat{Y}_2	\bar{Y}_3
1	1	1	1	1	24,96	24,98	0,52	0,51	47,8
2	-1	1	1	1	24,17	24,64	0,58	0,51	50
3	1	-1	1	1	25,66	25,64	0,14	0,15	29,9
4	-1	-1	1	1	24,07	23,98	0,17	0,15	26,0
5	1	1	-1	1	24,78	24,98	0,475	0,51	42,5
6	-1	1	-1	1	24,73	24,64	0,49	0,51	43,5
7	1	-1	-1	1	26,00	25,64	0,13	0,15	31,5
8	-1	-1	-1	1	23,47	23,98	0,155	0,15	21,8
9	1	1	1	-1	24,21	23,66	0,53	0,51	48,6
10	-1	1	1	-1	24,32	24,36	0,545	0,51	65,2
11	1	-1	1	-1	24,02	24,32	0,155	0,15	30,4
12	-1	-1	1	-1	23,98	23,70	0,155	0,15	36,0
13	1	+1	-1	-1	23,43	23,66	0,46	0,51	39,8
14	-1	1	-1	-1	23,91	24,36	0,49	0,51	50,2
15	1	-1	-1	-1	24,13	24,32	0,145	0,15	24,2
16	-1	-1	-1	-1	23,75	23,70	0,15	0,15	22,4

№ п.п.	\hat{Y}_3	\bar{Y}_4	\hat{Y}_4	\bar{Y}_5	\hat{Y}_5	\bar{Y}_E	\hat{Y}_E
1	45,2	14,04	14,08	69,43	72,16	0,634	0,628
2	48,9	14,54	14,92	71,68	69,56	0,698	0,628
3	31,9	31,51	31,10	65,10	66,00	0,386	0,334
4	25,4	32,09	31,94	63,76	63,08	0,246	0,334
5	44,1	6,75	6,42	76,16	72,16	0,817	0,736
6	42,8	6,97	7,26	69,74	69,56	0,679	0,736
7	30,7	14,98	15,88	65,08	66,00	0,546	0,442
8	19,3	17,45	16,72	61,21	63,08	0,274	0,442
9	48,8	15,19	15,48	65,18	72,16	0,487	0,510
10	64,1	16,67	16,32	67,74	69,56	0,536	0,510
11	31,0	31,28	31,72	61,25	66,00	0,199	0,216
12	36,2	31,28	31,78	60,50	63,08	0,184	0,216
13	40,5	7,64	7,82	68,57	71,16	0,556	0,618
14	50,7	8,43	8,66	67,78	69,56	0,573	0,618
15	22,7	16,07	15,72	65,30	66,00	0,420	0,324
16	22,8	16,74	16,56	64,80	63,08	0,376	0,324

Уравнение регрессии, описывающее поверхность отклика, имеет вид: $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4 + b_{34}X_3X_4$. Коэффициенты уравнения регрессии приведены в табл. 48.

ТАБЛИЦА 48

Коэффициент	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_E
b_0	24,41	0,33	38,11	17,60	66,46	0,476
b_1	0,24	-0,013	-1,25	-0,42	1,30	0,030
b_2	0,027	0,18	10,34	-6,23	3,08	0,147
b_3	0,14	0,018	3,62	5,72	-0,875	-0,054
b_4	0,40	-0,0043	-1,49	-0,31	1,32	0,059
b_{12}	-0,33	-0,003	-2,52	0,05	-0,25	-0,029
b_{13}	-0,07	-0,0006	-1,25	0,10	-0,92	-0,025
b_{14}	0,26	0,004	2,58	-0,06	0,62	0,031
b_{23}	0,09	0,013	0,83	-1,89	0,76	0,021
b_{24}	0,03	0,006	-1,09	-0,39	0,90	0,025
b_{34}	-0,03	0,0006	-1,82	0,03	0,6	0,010

Уравнением регрессии могут быть описаны эксперименты с любой точностью. Безусловно, к точности описания должны быть предъявлены большие требования. Возможная неточность описания может вызываться или ошибками эксперимента, или невозможностью описания результатов эксперимента линейной моделью и необходимостью перехода к плану второго порядка.

Проверка уравнения регрессии на точность описания эксперимента называется адекватностью (соответствием). Адекватность полученных моделей проверялась с помощью критерия Фишера — сравнением отношения средней ошибки описания ре-

зультатов опытов уравнением регрессии к средней ошибке воспроизводимости опытных данных. Рассчитанное значение критерия Фишера сравнивается с табличным для соответствующего уровня значимости. В нашем случае уровень 0,05 соответствует 5%-ной погрешности описания эксперимента уравнением регрессии (табл. 49). Если рассчитанное значение критерия Фишера меньше табличного, то уравнение регрессии адекватно.

ТАБЛИЦА 49

Дисперсионные характеристики	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_E
$G_{оп}$ (1; 8)	0,23	0,39	0,26	0,34	0,24	0,16
$G_{таб}$ (1; 8)	0,4546	0,4546	0,4546	0,4546	0,4546	0,4546
$S^2\{Y\}$	0,378	0,0032	5,16	0,256	11,38	0,0088
$S^2\{\bar{Y}\}$	0,189	0,0016	2,58	0,128	5,69	0,0044
f_1	16	16	16	16	16	16
$S^2\{b_i\}$	0,012	0,0001	0,16	0,0080	0,36	0,00028
$S\{b_i\}$	0,109	0,01	0,40	0,0896	0,60	0,0166
$S\{b_i\}t_2$	0,23	0,0212	0,85	0,19	1,27	0,035
t_2	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
α	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$S^2_{ост}$	0,136	0,00086	7,40	0,308	11,20	0,0070
f_2	11	14	6	9	12	12
$F_{оп}$	0,36	0,27	1,43	1,20	0,98	0,80
$F_{таб}$	2,45	237	2,70	2,55	2,40	2,40

При статистическом анализе уравнения регрессии кроме установления адекватности проверяется также значимость коэффициентов регрессии. Если численное значение какого-либо коэффициента меньше погрешности опытов, то этот коэффициент является незначимым. Гипотеза значимости коэффициентов регрессии проверяется с помощью критерия Стьюдента: если абсолютное значение коэффициента меньше доверительного интервала, принимается гипотеза о незначимости коэффициента уравнения регрессии. После исключения незначимых коэффициентов уравнение регрессии принимает окончательный вид.

Полученные уравнения в окончательном виде описывают процесс извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени, т. е. влияние независимых переменных факторов на каждый из выходных факторов. Интересно оценить этот процесс в целом и найти лучшие условия его проведения, т. е. провести его оптимизацию. Методы оптимизации технологических процессов могут быть различными в зависимости от конкретной задачи, объема

и качества исходной информации и выбранных критериев оптимизации.

Простейшим является вариант, когда результаты процесса оцениваются единственным выходным параметром, который в этом случае и будет параметром оптимизации. В этом случае могут быть использованы градиентные методы: крутого восхождения, симплексов. Более сложными являются случаи, когда процесс характеризуется несколькими выходными параметрами, величины которых должны учитываться при поиске оптимальных условий. Такие задачи могут быть сведены к вариантам однопараметрических задач с помощью различных приемов. В нашем случае рассматривается второй вариант. С этой целью был синтезирован обобщенный параметр оптимизации. Синтез проводился методом свертывания информации, и обобщенный параметр представлял собой взвешенную с весами δ_i сумму нормализованных параметров и вычислялся по выражению

$$Y_E = \sum_{j=1}^p \delta_j \frac{Y_{ju} - Y_j^{(-1)}}{Y_j^{(+1)} - Y_j^{(-1)}} \quad \text{при } 0 \leq Y_E \leq 1,$$

где Y_{ju} — подстрочное значение каждого из параметров оптимизации; $Y_j^{(+1)}$, $Y_j^{(-1)}$ — соответственно лучшие и худшие значения каждого из выходных параметров, наблюдавшиеся в эксперименте; δ_j — весовые оценки каждого из параметров оптимизации ($0 \leq \delta_j \leq 1$ при условии $\sum_{j=1}^p \delta_j = 1$); p — число выходных параметров, включенных в обобщенный параметр оптимизации. Исходные данные для синтеза параметра оптимизации представлены в табл. 50.

ТАБЛИЦА 50

Факторы	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
$Y_{i(+1)}$	26,16	0,64	79,30	6,56
$Y_{j(-1)}$	22,63	0,12	56,97	32,6
δ_j	0,24	0,08	0,46	0,22

Оценка «весов» параметров оптимизации производилась субъективно в зависимости от значимости данного параметра в процессе и являлась средним пяти значений, полученных в результате опроса специалистов. По полученным данным была сформирована матрица планирования для обобщенного параметра оптимизации и найдены коэффициенты регрессии (см. табл. 47—49). Полученное уравнение адекватно описывает результаты опытов. Поскольку это уравнение не содержит членов парных взаимодействий, то наилучшее значение лежит в одной из вер-

шин гиперкуба, которой соответствует значение $Y_E=0,736$. Эти значения соответствуют опытам 5 и 6 (см. табл. 47).

Наиболее совершенными параметрами оптимизации технологических процессов можно считать экономические параметры, выражающие отношение стоимости затрат на выделение экстрактивных веществ к их стоимости. Этот параметр должен стремиться к минимуму.

Полученный в оптимальном режиме экстракт древесной зелени сосны имел следующий групповой состав, % абс. сух. древесной зелени:

содержание экстрактивных веществ в древесной зелени сосны	25,74
выход сухого остатка фильтрата	23,42
в том числе:	
жирорастворимые вещества	1,82
фенольные соединения	2,39
из них таниды	1,77
редуцирующие вещества до инверсии	7,64
редуцирующие вещества после инверсии	11,10
общий протеин	7,36

В водном экстракте содержится аскорбиновая кислота (22,3 мг·% абс. сух. остатка), а также витамины группы В (8,18 мг·%).

Из приведенных результатов видно, что большая часть извлеченных экстрактивных веществ приходится на протеин, моносахара и др. Значительную часть составляют олигосахариды. Почти 2,5% приходится на фенольные вещества. Кроме того, в экстракте обнаружена аскорбиновая кислота и витамины группы В. Исходя из состава, водные экстракты могут быть использованы как биологически активная добавка, стимулирующая рост.

Из полученного экстракта после выпаривания до 50%-ной концентрации и добавки эфирного масла был получен продукт, названный хвойным водно-щелочным экстрактом. При сравнении полученного экстракта с хвойно-натуральным экстрактом, полученным периодической экстракцией водой, оказалось, что они близки по своим свойствам.

Применение биологически активных веществ, извлекаемых из древесной зелени. В настоящее время наукой и практикой доказано, что древесная зелень является ценной биологически активной добавкой для сельскохозяйственных животных и птиц, особенно в зимний период. Одним из направлений использования древесной зелени является производство концентратов биоактивных соединений. Таким продуктом является хлорофиллокаротиновая паста, получаемая экстракцией зелени органическим растворителем (бензин) с последующей обработкой щелочью.

Хлорофилло-каротиновая паста — поливитаминный препарат бактерицидного действия. Механизм действия хлорофилло-каротиновой пасты как биостимулятора пока еще мало изучен. Предполагают, что активными компонентами пасты являются хлорофилл, жирорастворимые витамины (каротин, витамин Е), фитонциды и другие биологически активные вещества. Хлорофилл по своему химическому составу близок к пигменту крови животных — гемоглобину. Исследования показывают, что хлорофилл, увеличивая в крови содержание гемоглобина и эритроцитов, способствует развитию молодняка, благоприятно действует на продуктивность. У животных, получающих рационы с большим содержанием хлорофилла, повышается деятельность пищеварительного тракта [14]. Добавление хлорофилло-каротиновой пасты в рационы поросят, телят и цыплят способствует увеличению привесов, содействует лучшему использованию питательных веществ [14]. В ЛТА им. С. М. Кирова испытывались различные дозировки пасты для обогащения кормовых рационов витаминами. Наиболее эффективными оказались дозы 0,1 и 0,2 г пасты на 1 кг живой массы животных в сутки. Пасту вводили в рационы в виде водного раствора в смеси с основным кормом. Эффект от включения пасты в кормовые рационы поросят в дозе 0,13 г на 1 кг живой массы выразился повышением привесов на 15—33%.

В опытах на цыплятах были получены хорошие результаты при добавлении хлорофилло-каротиновой пасты из расчета по 0,1 г на 1 кг живой массы. За учетный период (52 дня) отход цыплят снизился на 27,5%, привесы в опытной группе по сравнению с контрольной увеличились на 9,6%; при этом на 1 кг привеса затрачено на 0,765 кормовой единицы меньше, чем в контроле [8]. Увеличение количества хлорофилло-каротиновой пасты до 0,15—0,20% тормозит рост цыплят, поэтому использование пасты в качестве источника каротина должно быть ограничено (табл. 51). Установлено также, что применение хлорофилло-каротиновой пасты улучшает усваиваемость белка на 14%, липидов на 9%.

При введении в рацион кур-несушек пасты в дозе 0,1 г на 1 кг живой массы содержание каротина в желтке яиц увеличивается на 24—79%, яйценоскость кур повышается на 3—11%, отход птицы в опытных группах снижается на 25—50% [26]. Отмечено повышение содержания гемоглобина на 7,7% и эритроцитов на 5,4%. Прибыль от применения 1 кг пасты в рационе кур-несушек составила от 22 до 33 р. При полной замене в кормах источника каротина на хлорофилло-каротиновую пасту в группах, где доза пасты составляла 0,2 г на 1 кг живой массы, яйценоскость повысилась на 5,5—19%. Чистая прибыль составила по яйценоскости 140 р. в месяц в пересчете на 1000 голов птицы. Помимо этого, отмечено увеличение средней массы яйца на 4—5%.

Добавка к основному корму	Средняя живая масса, г, цыплят в возрасте, дни			Средняя прибавка массы за 35 дней	
	5	30	40	г	% по сравнению с контролем
Люцерновая мука	41,8	248,7	350,5	308,7 ± 18,2	100,0
Хлорофилло-каротиновая паста 0,03%	42,8	188,3	252,4	209,6 ± 13,0	67,8
То же 0,06%	42,3	189,3	242,8	201,5 ± 17,5	65,2
То же 0,12%	42,1	187,6	251,7	209,6 ± 13,8	67,8
Люцерновая мука + хлорофилло-каротиновая паста 0,005%	41,9	237,9	375,0	333,1 ± 10,8	107,9
То же 0,01%	42,7	254,8	395,6	352,9 ± 14,1	114,3
То же 0,02%	41,8	240,5	374,9	333,1 ± 13,3	107,9
То же 0,04%	42,7	260,3	395,4	352,7 ± 17,0	114,2
То же 0,20%	42,0	235,4	353,7	311,7 ± 17,4	101,1

Добавка пасты в корм пороссятам-отъемышам в размере 3 г на 1 голову в сутки увеличивает живую массу на 15—33%. Доза от 5 до 10 г на 1 голову в сутки в рацион молодняка крупного рогатого скота дает привесы около 10% по сравнению с контрольной группой.

В 1971 г. впервые проведены предварительные опыты по введению пасты в рационы рыб (при разведении карпов в садках) [26]. В этих опытах получены результаты, свидетельствующие об увеличении содержания каротина в крови рыб на 20%, гемоглобина на 11% и эритроцитов на 10%. Эффективность применения пасты была не меньше, чем от введения в параллельных группах таких витаминных добавок, как рыбий жир, концентрат витамина А. Положительные результаты получены при лечении желудочно-кишечных заболеваний у телят, кожных болезней на почве А-гиповитаминоза, термических и химических ожогов, экзем, поверхностных ран и некоторых кожных болезней животных.

А. А. Андерсон с сотрудниками [26] изучали влияние органического растворителя (для извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени) на биологическую ценность сосновой хлорофилло-каротиновой пасты. В качестве растворителя они использовали этилацетат и смесь бензин — этиловый спирт (1:1). Сырьем являлась проэкстрагированная бензином и свежая древесная зелень сосны. Выход пасты повышается в 2—2,5 раза. Средние привесы цыплят, получавших добавки пасты, при изготовлении которой использовали этилацетат и смесь растворителя бензин — спирт (1:1), во всех группах были на 3,5—6,7% выше по сравнению с пастой, полученной бензином.

Опыты, проведенные в госплемптицефабрике «Нагорный» Ленинградской обл., показали, что скармливание курам провита-

минного концентрата древесной зелени по 0,1 г в день повысило выводимость яиц на 9,4%.

ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Одним из путей решения продовольственной проблемы является использование древесной зелени. Она служит сырьем для получения хлорофилло-каротиновой пасты, витаминной муки, эфирных масел и других продуктов, спрос на которые возрастает с каждым годом. В развитии этого направления кроются большие резервы дальнейшего улучшения кормовой базы животноводства. Древесная зелень может явиться сырьем для микробиологического синтеза. Поэтому в устранении белкового дефицита важная роль принадлежит микробному синтезу с использованием дешевых органических природных ресурсов и отходов промышленного производства.

При комплексной переработке древесной зелени возможна и экстракция водой. Получающийся при этом водный экстракт может служить питательной средой микроорганизмов — продуцентов белка. Такая возможность до сих пор не реализована из-за специфичности химического состава древесной зелени, в которой кроме доступных для развития микроорганизмов веществ присутствуют фитонциды, являющиеся ингибиторами роста. В результате работ, проводимых в проблемной лаборатории Сибирского технологического института, из эпифитной микрофлоры хвойных выделены штаммы, способные усваивать присутствующие в древесной зелени сахара, органические кислоты и другие соединения и в то же время устойчивые к действию фитонцидов.

Состав водных экстрактов древесной зелени. Древесная зелень имеет преимущества перед другими видами зелени. Урожай ее стабилен, влажность ее — 50%. В древесной зелени присутствуют сахара, органические кислоты, биологически активные соединения, минеральные вещества, которые могут входить в состав водных экстрактов и являться источниками питания микроорганизмов [10]. Однако водорастворимая часть древесной зелени, применяемая в качестве питательной среды для выращивания продуктов белка, изучена недостаточно.

Водный экстракт по своему составу близок к натуральному клеточному соку хвои, но концентрация водорастворимых веществ в нем ниже. Клеточный сок содержит 8—12% сухих веществ, в соке содержится 200 мг·% витамина С, присутствуют фитонциды. В натуральном сосновом клеточном соке витамина В₁ содержится 0,40—0,88 мг·%, В₂ — 0,15—0,3, биотин 91—125, витамина С — 120—150, каротина 10—20 мг·%. В натуральном еловом соке витамина В содержится 0,21—0,32; В₂ — 0,09—

0,11; биотина — 10—11, витамина С — 73—93 и каротина 10—22 мг·%.

Состав древесной зелени, как биохимически наиболее активной части растений, непостоянен и зависит от многих факторов. В зависимости от этих факторов будет меняться и состав водных экстрактов. Существенный интерес представляет состав водных экстрактов при использовании их в качестве питательной среды для получения белковой массы. В водных экстрактах хвои определены моносахариды как основные источники углеводного питания микроорганизмов. В водном экстракте преобладает глюкоза, причем содержание ее в сосновом экстракте выше, чем в еловом, и составляет почти 30% общего количества моносахаридов. Манноза, которая усваивается дрожжами равноценно глюкозе, обнаружена в еловом (16%) и сосновом (9%) экстрактах.

Источником углеводного питания микроорганизмов служат и олигосахариды. В водных экстрактах древесной зелени сосны и ели их содержание довольно высоко и составляет 13—15% асб. сух. веществ экстракта. Данные, приведенные в [10], свидетельствуют о наличии в хвое сахарозы, мелибиозы, значительного количества мальтозы (до 20%).

Из группы физиологически активных соединений определены витамины. В водных экстрактах древесной зелени сосны и ели их обнаружено довольно много. В числе водорастворимых витаминов присутствует аскорбиновая кислота. Из витаминов группы В в экстрактах найдены ионизит, биотин, пантотеновая и никотиновая кислоты, витамины В₁ и В₆. Общее содержание их составляет 8—9 мг·%. Количественная и качественная характеристики витаминов группы В, мг·%, приведены ниже.

	Сосна	Ель
Ионизит	2,020	2,120
Биотин		Следы
Пантотеновая кислота	1,949	1,680
Витамин В ₁	1,048	1,909
Витамин В ₆	1,415	1,220
Никотиновая кислота	1,731	1,980

Изучение динамики показало, что весной в хвое и растущих побегах много тиамина, пантотеновой и никотиновой кислот. Осенью в хвое накапливается биотин, пиридоксин и пантотеновая кислота. До 0,5 мг·% рибофлавина обнаружено в хвое сосны и ели, произрастающей в Латвийской ССР.

Применение метода ГЖХ в водных экстрактах обнаружило значительное число соединений. Алифатические кислоты представлены яблочной, лимонной, янтарной и др. Концентрация шикимовой кислоты в водном экстракте составляет около 14% суммы кислот. Из ароматических кислот присутствует коричная — 2,0%. Следует обратить внимание на то, что ди- и трикарбоновые кислоты, которые могут служить источником углеродного

питания для микроорганизмов, составляют значительную часть органических кислот, присутствующих в водных экстрактах.

Многие органические кислоты обладают биологической активностью. Например, физиологически активны кетокислоты (щавелево-уксусная, пировиноградная, α -кетоглутаровая). Высокой биологической активностью обладает п-аминобензойная кислота. Установлено, что она является фактором роста микроорганизмов. Стимулирует рост организмов и янтарная кислота. Кроме того, она является источником углерода для микроорганизмов. Источником питания для микробов служат яблочная, молочная и другие кислоты.

Фенольные соединения являются биологически активными веществами, обладающими широким спектром действия. Их биологическая активность зависит от концентрации. Содержание фенольных соединений в водных экстрактах древесной зелени сосны — 8,05% и ели — 11,7% абс. сух. веществ экстракта. Установлено, что диэтиловым эфиром извлекается около 7—8% всех фенольных соединений, присутствующих в экстрактах, этанолом — значительно больше, чем этилацетатом.

Для установления природы фенольных соединений было использовано двухмерное хроматографическое разделение эфирного, этилацетатного и этанольного экстрактов. В экстрактах были найдены следующие группы соединений: фенолкислоты и их эфиры, агликоны флавонолов и флавононов, гликозиды флавоноидов, катехины. УФ-спектры подтвердили правильность идентификации выделенных фенольных соединений. Выделенные соединения проверяли на физиологическую активность, используя колеоптили пшеницы. Из полученных результатов следует, что в составе каждой фракции содержатся вещества, обладающие как стимулирующим, так и ингибирующим действием.

Питательная среда, кроме углерода, должна содержать источники азота. Микроорганизмы нуждаются также в соединениях фосфора, калия, железа, марганца и других элементов, присутствие которых в небольших количествах может оказать стимулирующее действие на накопление биомассы. Из микроэлементов в древесной зелени обнаружены азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо, натрий. Среди микроэлементов обнаружены элементы, активизирующие действие ферментов, например марганец, кобальт, медь, цинк и др. Присутствие никеля, ванадия, бора, молибдена и др. усиливает питательную ценность водных экстрактов, так как наличие их даже в самых ничтожных количествах чрезвычайно сильно активизирует жизнедеятельность микроорганизмов.

Таким образом, состав водных экстрактов древесной зелени разнообразен. Наличие водорастворимых углеродсодержащих компонентов, минеральных элементов указывает на возможность приготовления на основе водных экстрактов питательной среды для выращивания микроорганизмов — продуцентов белка.

Штаммы микроорганизмов. Отбор активных штаммов микроорганизмов — продуцентов белка имеет важное значение для промышленности. Достаточно заменить один штамм другим, более активным, как экономические показатели производства также изменятся.

В качестве продуцентов белка могут быть использованы дрожжи или грибы. В связи с тем, что питательная среда на водном экстракте является средой селективной, на ней следует ожидать роста только тех микроорганизмов, которые устойчивы к фитонцидам хвойных. Действительно, широко используемые культуры микроорганизмов *Candida skotti* штамм 5, *Endomyces verpalis*, посеянные на агаризованный хвойный экстракт, не росли. Поэтому для выделения штаммов микроорганизмов использовали эпифитную микрофлору древесной зелени сосны.

Чистые культуры получали методом истощающего мазка. Выросшие отдельно колонии изолировали в пробирках и определяли способность каждого штамма накапливать биомассу на водных экстрактах древесной зелени. В результате проведенной работы было отобрано два наиболее продуктивных штамма: 10 и 11. Степень патогенности выделенных культур определялась в Ангарском научно-исследовательском институте гигиены труда и профессиональных заболеваний. В результате исследования сделано заключение о возможности применения их в производстве кормового белка как непатогенных.

Штамм гриба *Oospora nivea* Fuskel Saccardo et volgino продуцент биомассы на водных экстрактах имеет следующую характеристику: морфологические признаки на среде Чапека; спороносные гифы расположены поодиночке, свободно стоят друг от друга, мало отличаются от вегетативных гиф мицелия, неразветвленные, бесцветные, приподнимающиеся, отходят от воздушных и субстратных гиф мицелия.

Культуральные признаки. Колонии на среде Чапека бархатистые, бесцветные, круглые. Мицелий стелющийся, субстратный и воздушный. Диаметр колоний двухсуточной культуры 2,5 см. Оидии продолговато-овальные и палочковидные с округлыми концами. На агаризованном хвойном экстракте колонии круглые, белые, тонкие, бархатисто-порошистые, распростертые, с кольцеобразным ростом воздушного мицелия.

Физиологические признаки. Устойчив к фитонцидам хвойных пород деревьев. Ассимилирует глюкозу, сахарозу, лактозу, маннозу, мальтозу, крахмал, маннит. Из источника азота усваивает пептон, мочевины, азот сернокислого аммония, азот нитратов и аспарагина.

Штамм дрожжей *Candida krusei* VEN-11 — продуцент белка. Штамм выделен из двух-, трехдневного экстракта хвои сосны, непатогенен, имеет следующие характеристики: клетки располагаются поодиночке и небольшими скоплениями; форма клеток овальная, размеры (2,6—3,9) — (5,9—13,0) мк. Дрожжи размножаются почкованием, образуют псевдомицелий. На агаризованном хвойном экстракте колонии сероватые, круглые, центр при-

поднят относительно краев, рост концентрическими окружностями.

Физиологические признаки. Устойчив к фитонцидам деревьев хвойных пород. Из сахаров ассимилирует глюкозу, слабо сахарозу. Сбраживает глюкозу. Усваивает глицерин и этиловый спирт. Усваивает янтарную, молочную и уксусную кислоты.

Оптимальные условия получения биомассы. Опыт работы с микроорганизмами — продуцентами белка убедительно подтверждает важную роль в процессе биосинтеза не только состава среды, но и условий культивирования. Поэтому при разработке режимов культивирования продуцентов необходимо учитывать влияние на прирост и качество биомассы таких важных факторов, как pH среды, количество засеянного материала, температура, степень аэрации, продолжительность выращивания, и др.

От концентрации ионов водорода зависит поступление вещества в клетку. Величина pH оказывает влияние как непосредственно на дрожжевую клетку, так и на компоненты среды. В зависимости от значений pH меняется состояние коллоидной системы питательной среды и метаболитов. Поэтому установление оптимального значения pH и поддержание его во время роста очень важны. С целью нахождения зависимости pH среды от прироста биомассы было проведено выращивание штаммов 10 и 11 в стационарных условиях. Культивирование проводилось в колбах вместимостью 750 мл в термостате при температуре 35° С. Продолжительность выращивания 24 ч. По полученным результатам строилась зависимость в координатах pH среды, прирост в г/л (рис. 40). Из рисунка следует, что наиболее благоприятные значения pH для роста дрожжевых грибов 4—6 (штамм 11) и 4,5—6 (штамм 10).

Рост многих микроорганизмов в значительной степени зависит от температуры культивирования. Температура, наиболее бла-

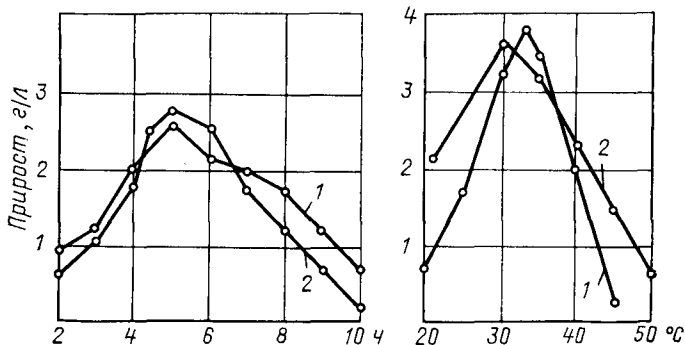


Рис. 40. Зависимость прироста биомассы от pH среды:

1 — штамм 10; 2 — штамм 4

Рис. 41. Зависимость прироста биомассы от температуры биосинтеза:

1 — штамм 10; 2 — штамм 4

гоприятная для выращивания дрожжей, колеблется в пределах 36—39° С. Понижение ее замедляет процесс обмена веществ в дрожжевой клетке (рис. 41). Повышение температуры увеличивает скорость синтеза белка, однако приводит к понижению активности поглощения кислорода, резкому снижению глубины утилизации азота и редуцирующих сахаров и, как следствие, к снижению выхода биомассы. Немаловажным фактором, влияющим на процесс выращивания дрожжей, является аэрация растущей культуры. Использование непрерывной аэрации обусловлено прежде всего тем, что молекулярный кислород, необходимый для роста микроорганизмов, мало растворим в воде, а потребность кислорода для синтеза биомассы достаточно велика. При использовании органических кислот потребность в кислороде в 2 раза выше, чем при утилизации сахаров.

Скорость роста отдельных штаммов неодинакова. Оптимальная длительность культивирования, обеспечивающая максимум накопления биомассы, устанавливается экспериментально. На рис. 42 приведены данные о накоплении биомассы штаммом 10 (кривая 1) и 11 (кривая 2). Кроме прироста биомассы определялась динамика усвоения сахаров по изменению количества редуцирующих веществ. Последнее устанавливалось збулиостатическим методом (рис. 43).

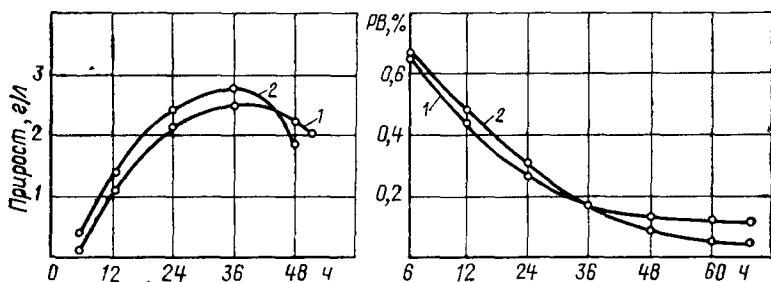


Рис. 42. Влияние длительности культивирования на прирост биомассы

Рис. 43. Зависимость усваивания сахаров питательной среды от продолжительности биосинтеза:

1 — штамм 10; 2 — штамм 11

Из полученных результатов следует, что прирост биомассы протекает в течение 48 ч, затем степень биосинтеза снижается и уменьшается количество получаемой биомассы. В этот же период сахара водного экстракта усваиваются микроорганизмами почти полностью.

От количества и качества посевного материала в значительной мере зависит длительность лаг-фазы развития микроорганизма, а также прирост биомассы. В практике используют несколько методов приготовления засеваемого материала. Для исследуе-

мых штаммов 10, 11 удачным оказался заранее приготовленный засевной материал. Этот способ значительно повышает прирост биомассы. Однако увеличение концентрации засевного материала свыше 3,5 г/л отрицательно сказывается на биосинтезе микроорганизмов.

Следует отметить, что наличие большого числа факторов, влияющих на процесс выращивания микроорганизмов, затрудняет определение оптимальных условий культивирования. Поэтому особенно важным является правильный выбор факторов, наиболее сильно влияющих на процесс.

Успехи, достигнутые в последние годы при изучении и оптимизации процессов, зависящих от большого числа факторов, стали возможными благодаря широкому внедрению математических методов планирования эксперимента. Возникла необходимость методологии биологических исследований, так как принцип поочередного изменения в эксперименте каждого фактора на фоне постоянного уровня остальных оказывается малоэффективным при изучении систем, в которых проявляются межфакторные взаимодействия (в первую очередь при изучении биологических систем). Однако при планировании биологических экспериментов использование методов математического планирования наталкивается на трудности, обусловленные особенностями биологических процессов: наличие большого числа факторов, влияющих на ход процесса; наличие тесных межфакторных взаимодействий; большая ошибка воспроизводимости эксперимента; наличие временного дрейфа (возрастные и сезонные изменения микроорганизмов).

С увеличением числа исследуемых факторов резко возрастают трудоемкость планируемых экспериментов и число экспериментальных точек. В этом случае рекомендуется применять дробные реплики от полного факторного эксперимента. Однако при изучении биологических систем широкому использованию этого приема препятствует наличие межфакторных взаимодействий, что ограничивает возможность применения реплик высокой степени дробности.

Наличие взаимодействий является самой существенной особенностью биологических систем. Эти взаимодействия отражают взаимообусловленность внутриклеточных процессов, направление и ход которых определяются совокупностью химических и физико-химических факторов в системе. С формальной стороны наличие в системе существенных взаимодействий свидетельствует о большой кривизне поверхности отклика даже вдали от экспериментальной области. Это затруднение усугубляется невозможностью выбора мелких шагов варьирования, поскольку отклик системы становится соизмеримым с ошибкой опыта, которая в биологических экспериментах велика. Такая ошибка является следствием двух причин: существованием некоторого числа неучтенных факторов (или их взаимодействий), способных вызывать

случайные возмущения в системе; наличием в биологической системе внутреннего механизма регуляции, из-за чего эти системы не всегда однозначно (в определенных пределах) реагируют на изменение внешнего фактора. Условием применимости методов математического планирования является требование, чтобы каждый из факторов являлся независимым переменным.

В оптимальных условиях общий выход биомассы составил около 50% сух. веществ экстракта. Биомасса характеризуется содержанием белка 47%, углеводов 13,6, липидов 2,9, золы 4,8%. Аминокислотный состав белковой части биомассы, установленный с помощью аминокислотного анализатора, показывает присутствие 18 аминокислот (табл. 52). Обращает на себя внимание повышенное содержание аспарагиновой и глутаминовой кислот (15—17% общего количества кислот).

ТАБЛИЦА 52

Аминокислоты	Содержание, % к общему количеству аминокислот	Аминокислоты	Содержание, % к общему количеству аминокислот
Аланин	9,9	Тирозин	2,9
Аргинин	4,7	Серин	5,5
Валин	3,5	Треонин	5,2
Лизин	8,8	Пролин	3,9
Лейцин	6,7	Глицин	6,3
Изолейцин	2,4	Метионин	0,5
Аспарагиновая	15,4	Фенилаланин	3,4
Глутаминовая	15,6	Цистин	2,6
Гистидин	2,4	Триптофан	0,4

Ценность биомассы увеличивается от присутствия в ней витаминов. В биомассе содержится аскорбиновая кислота — 29 мг·%, никотиновая кислота — 30,0 мг·%, витамин Е — 130 мг·% и витамин Д₂ — 60 мг·%.

Зольная часть биомассы представлена такими необходимыми для животных макро- и микроэлементами, как фосфор, кальций, калий, медь, цинк и др. Сравнивая минеральные вещества полученной биомассы с кормовыми дрожжами, можно убедиться в том, что больших расхождений в количестве отдельных элементов не наблюдается.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИХТОВОГО МАСЛА

Установки периодического действия. Существующие для выработки эфирного масла типы установок с периодическим процессом принципиальных технологических различий не имеют. Наиболее распространенными являются установки западносибирского типа, а также передвижная пихтоваренная установка ППУ-1.

Установка западносибирского типа может быть одно- и двух-чанной, стационарной и передвижной. Она состоит из парового котла, перегонного чана, холодильника, флорентины, приемника масла и отстойника. Выделение эфирного масла из древесной зелени основано на двух его свойствах: способности отгоняться с водяным паром и нерастворимости в воде. Несмотря на то, что пихтовое эфирное масло состоит из смеси органических веществ, имеющих различную температуру кипения (от 140 до 260° С), с водяным паром оно перегоняется при температуре ниже 100° С.

Процесс получения эфирного масла заключается в следующем. Древесную зелень пихты загружают в перегонный чан. Он изготовляется из сухих сосновых, лиственных или кедровых пластин толщиной 70 мм. Пластины собираются в шпунт и стягиваются четырьмя обручами из полосового железа толщиной 5 мм и шириной 50 мм. Концы обруча соединяют болтом, что позволяет стягивать чан, не сдвигая обруч с места. Крышка чана изготовляется из 50-, 60-миллиметровых пластин, соединенных между собой в четверть и скрепленных с двух сторон болтами. Щели крышки проконопачиваются и промазываются глиной.

На дно чана укладывают деревянные бруски высотой 150 мм, а на них железную решетку с ячейками размером 180×180 мм. На решетку загружается древесная зелень. По достижении высоты слоя 60—70 см в чан подают пар и дальнейшую загрузку производят при постоянной подаче пара. Загрузка считается законченной, когда древесная зелень перестанет давать усадку. По окончании загрузки очищают отводную трубу от попавшей древесной зелени, промазывают кромки чана глиной и плотно закрывают его крышкой. Для равномерного распределения пара на выходном отверстии паропровода устанавливается пароотражатель, представляющий собой железный диск диаметром 400 мм.

Большинство пихтоваренных установок западносибирского типа комплектуется чанами вместимостью 7,5 м³. В такой чан с подпоркой и утрамбовкой вмещается около 2,5 т древесной зелени пихты. Встречаются чаны объемом 6,5 м³, вмещающие 1,1 т сырья.

Технологический пар производят в паровом котле типа КВ-300. Производительность его при топке дровами среднего качества 70—80 кг пара в 1 ч. Отгонка масла ведется при интенсивной и равномерной подаче пара в перегонный чан. Охлаждающая вода должна иметь температуру не выше 40° С. Через 30—50 мин после появления из холодильника первых капель жидкости начинается интенсивное выделение пихтового масла. За 3—4 ч отгоняется около 60% всего эфирного масла.

Для концентрации паров воды и эфирного масла имеется холодильник. В зависимости от вместимости чана поверхность охлаждения холодильников колеблется от 2,5 м² до 4,0 м². Конденсат из холодильника поступает во флорентину. Вода непрерывно

вытекает через гидравлический затвор, а эфирное масло непрерывно подается в отстойник для отделения увлеченной воды от масла. Он представляет собой цилиндрический бак, выполненный из оцинкованного железа с плотно пригнанными металлическими крышками. Вместимость каждого отстойника рассчитана на двухсуточную выработку эфирного масла. Продолжительность отстаивания не менее 3 сут. Верхний слой эфирного масла после отстоя сливается в бочку, а средний и нижний темный слой направляются на дополнительное отстаивание. Остаток из отстойника сливают в перегонный чан на загруженную древесную зелень.

Производительность установки западносибирского типа с одним перегонным чаном составляет около 5000 кг пихтового эфирного масла за сезон. Ее производительность можно увеличить установкой добавочного перегонного чана при одном и том же паровом котле. В этом случае выработка эфирного масла увеличится до 7000—8000 кг за тот же срок.

В леспромхозах Красноярского края технология производства пихтового масла усовершенствована применением доотгонки эфирного масла. Производство эфирного масла осуществляется в двухчанной установке. После загрузки первого чана древесной зеленью проводится отгонка эфирного масла по вышеописанной технологии. Затем резко уменьшают подачу пара в чан и в очень малом количестве подают его еще в течение 2—3 ч. Одновременно производится загрузка второго чана.

За этот период древесная зелень в первом чане дает усадку и частично перемешивается. После полной загрузки второго чана производится интенсивная подача пара вновь в первый и во второй чаны. Повторная интенсивная подача пара в первый чан позволяет дополнительно выделить 4—5 кг высококачественного пихтового масла. Доотгонка идет в течение 4 ч, после этого подача пара в первый чан прекращается. Во втором чане продолжается отгонка масла с интенсивной подачей пара до прекращения поступления эфирного масла в холодильник. Затем ведут доотгонку пихтового масла, как и в первом чане. Внедрение такой технологии позволило на двухчанной установке дополнительно получить 7 кг эфирного пихтового масла за один оборот [2].

К недостаткам установки западносибирского типа относится невозможность ее переноски с одной площадки на другую. Между тем это необходимо, так как при работе на одном месте в течение 2—3 лет увеличивается расстояние подвозки сырья. Устранение этих недостатков возможно за счет использования передвижной установки типа ППУ-1. Она смонтирована на тракторных санях и транспортируется по лесовозным дорогам. На одном конце саней размещаются котельная и аппаратная с паровым котлом КВ-100. Здесь установлена флорентина и маслосборник. Коленчатый горизонтальный конденсатор-холодильник сде-

лан из медных (или алюминиевых) труб общей поверхностью теплообмена 2,5 м². На противоположной стороне саней расположен парильный чан вместимостью 7,5 м³. Он устанавливается на двух стальных полуосях, опирающихся на подшипники скольжения, что позволяет с помощью червячного редуктора опрокидывать чан. Для саморазгрузки его можно поворачивать влево и вправо под углом 125°.

Крышка чана имеет металлический жесткий каркас с радиально расположенными швеллерными накладками. С помощью проушин, накладок и восьми шарнирных болтов крышка чана герметично закрывается. В нее вмонтирована труба для отвода паров воды и эфирных масел в холодильник.

Загрузка чана производится скиповым подъемником, состоящим из металлического ковша вместимостью 2 м³, установленного на подвижной тележке. При загрузке древесной зелени с одновременной подпоркой ППУ-1 позволяет за одну операцию переработать 2—2,5 т древесной зелени и получить около 40 кг пихтового эфирного масла.

В Новокузнецком леспромхозе объединения «Кемероволес» разгрузка чана производится с помощью трелевочного трактора. Для этого перед началом работы (загрузки) древесной зелени в перегонный чан на его дно поверх деревянных брусьев укладывается металлическая сетка с прикрепленными к ней четырьмя чокерами. Длина чокеров равна высоте чана. По окончании отгонки пихтового масла снимается крышка чана. Трелевочный трактор, находясь на эстакаде, тросом зацепляет за петли чокеров, в один прием освобождает чан от отработанной древесной зелени. Общая продолжительность загрузки и выгрузки чана при этом способе составляет 1 ч 30 мин.

Установка ППУ-1 имеет ряд недостатков, устранение которых сделает ее эксплуатацию менее трудоемкой. Паровой котел КВ-100 по своей мощности недостаточен для интенсивной пропарки древесной зелени. Недостаточна также поверхность теплообмена конденсатора-холодильника.

Технические характеристики установок по производству пихтового масла

Тип установки	Западно-сибирский	ППУ-1
Вместимость чана, м ³	7,5	7,5
Продолжительность загрузки чана, ч	3—4	7—8
Продолжительность отгонки масла, ч:		
в летнее время	14—15	14—16
в зимнее время	16—17	18—20
Выход пихтового масла из 1 т переработанной древесной зелени, кг:		
в летнее время	17	17—19
в зимнее время	15	15—16
Общая продолжительность операции (загрузка, отгонка, выгрузка), ч	19—22	24—27

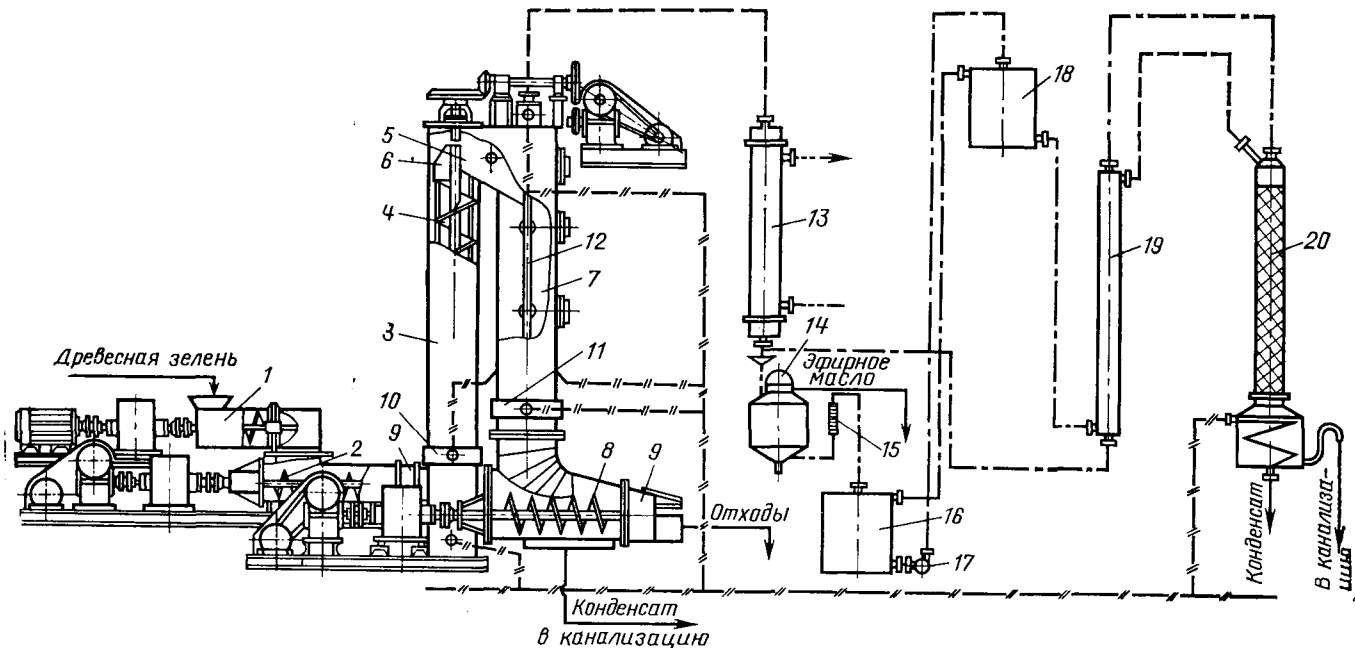


Рис. 44. Технологическая схема получения пихтового масла:

1 — измельчитель; 2 — загрузочный винт; 3 — винтовая колонна; 4 — вертикальный винт; 5 — перевальная секция; 6 — лопатка; 7 — выгрузочная колонна; 8 — винт; 9 — конусные насадки; 10, 11 — кольцевые барботеры; 12 — осевой барботер; 13 — холодильник; 14 — маслоотделитель; 15 — ротаметр; 16 — сборник; 17 — центробежный насос; 18 — напорный бак; 19 — подогреватель-холодильник; 20 — ректификационная колонна; —|—|— пар, насыщенный эфирным маслом; - - - - дистиллят; - - - - вода

Эксплуатация установок ППУ-1 выгодна на предприятиях с большим объемом лесозаготовок, где из-за частой перемены деленок стационарные установки будут неудобными. За сезон такие установки могут выработать до 7 т эфирного масла.

Установки непрерывного действия. Обеспечение нормальной работы установки требует предварительного измельчения древесной зелени пихты, которое осуществляется на винтовом измельчителе марки ШИЗ. Измельчение сырья позволяет сократить продолжительность отгонки эфирного масла, а также увеличить полноту его извлечения. Винтовой измельчитель ШИЗ-2 выполнен по типу мясорубки (путем увеличения геометрических размеров) с некоторыми изменениями рабочих органов и привода: производительность по сырью — 250—300 кг/ч; модуль измельчения — до 7 мм.

Древесная зелень пихты вручную подается в загрузочный люк измельчителя ШИЗ-2. Измельченное сырье поступает в загрузочный бункер и винтом подается в нижнюю часть вертикальной колонны. Перфорированными витками вертикального винта масса поднимается вверх к перевальной секции, откуда сбрасывается лопаткой во вторую выгрузочную колонну (рис. 44). Из этой колонны сырье, освободившееся от эфирного масла, выгружается специальным винтом.

Измельченная древесная зелень во время нахождения в аппарате интенсивно обрабатывается острым паром, вводимым через кольцевой барботер вертикальной колонны, осевой и кольцевой барботеры выгрузочной колонны. В нижней части колонны предусмотрен также барботер для обработки конденсата, образующегося при работе в холодное время года и переработке сырья с большой начальной влажностью.

В первой колонне пар проходит прямотоком, во второй — противотоком движущемуся навстречу сырью. Пар насыщается эфирным маслом и через ловушку поступает в конденсатор-холодильник. Дистиллят с температурой 25—30° С направляется для разделения во флорентину. Из сборника дистиллят перекачивается в напорный бак, откуда через теплообменник поступает в верхнюю часть ректификационной колонны, заполненной кольцами Рашига. В нижней части колонны находится змеевик для нагрева дистиллята глухим паром. Дистиллят равномерно стекает вниз навстречу пару, образующемуся в кубе при нагреве дистиллята. При этом происходит обогащение парового потока эфирным маслом. Вода, выходящая из куба установки в канализацию, практически не содержит эфирного масла. Пар, обогащенный эфирным маслом, поступает в теплообменник, где конденсируется и в виде дистиллята температурой 25—40° С стекает в общий маслоотделитель.

Техническая характеристика установки непрерывного действия

Производительность по сырью, т/ч	0,25
Время обработки сырья паром, ч	2,0

Скорость отгонки, л/ч	120,0—150,0
Рабочий объем аппарата, м ³	1,0
Поверхность охлаждения холодильника, м ²	4,5
Температура дистиллята после холодильника, °С	25—30
Выход эфирного масла, % к содержанию в сырье	85

Анализ работы установок непрерывного действия, используемых в леспромхозах, показал, что основное количество эфирного масла не отвечает требованиям существующего стандарта, так как концентрация борнилацетата в нем ниже 32%. Это происходит за счет того, что продолжительность обработки сырья паром недостаточна для полного извлечения эфирного масла. В отработанной древесной зелени найдено от 10 до 15% пихтового масла с концентрацией борнилацетата 55—75%. Для более полной отгонки эфирного масла и обеспечения высокого содержания в нем борнилацетата необходимо увеличить продолжительность прохождения древесной зелени через установку до 2,5—3 ч [11].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксельрод Г. А., Лысянский В. М. Экстрагирование. Система твердое тело — жидкость. — Л., Химия, 1974. 256 с.
2. Бараков Т. В., Вахрушев А. И., Черняева Г. И. Технология и оборудование производства пихтового масла. Обзорная информация. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1976. 41 с. — (Сер. Лесохимия и подсочка / ВНИПИЭИлеспром, вып. 3).
3. Бараков Т. В., Перышкина Г. И. Методы анализа и химический состав пихтового масла. — В кн.: Производство и анализ пихтового масла: Сб. тр. Института леса и древесины СО АН СССР, Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1977, с. 29—65.
4. Боханова Н. С. «Древесная зелень» как растительное сырье и ее запасы в РСФСР. — Растительные ресурсы, 1973, т. IX, № 3, с. 329—334.
5. Васильева Л. В., Ладинская С. И. Экономические вопросы некоторых цехов по промышленному использованию древесной зелени. — В кн.: Химия и химическая технология древесины: Межвузовский сборник трудов, Красноярск: СТИ, 1974, вып. 2, с. 82—91.
6. Вахрушев А. И. Заготовка древесной зелени. Обзорная информация. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1979. — 16 с. (Сер. Лесохимия и подсочка / ВНИПИЭИлеспром, вып. 5).
7. Вахрушев А. И., Медников Ф. А., Ушкова Е. В. Переработка древесной зелени. Обзорная информация. — М., ВНИПИЭИлеспром, 1978. — 28 с. — (Сер. лесохимия и подсочка / ВНИПИЭИлеспром).
8. Использование биологически активных веществ дерева. Рига, Зинатне, 1973. 153 с.
9. Комплексное использование древесины при рубках ухода. М.: Лесная промышленность, 1976. 88 с. Авт.: И. К. Иевинь, У. И. Галванс, М. О. Даугавиетис, В. В. Балод, Э. Я. Саусниня.
10. Карпова З. А., Репях С. М., Левдикова В. Л. О химическом составе водных экстрактов хвои. — ХПС, 1978, № 5, с. 648—650.
11. Кащенко Г. Ф., Томчук Р. И., Подыниглазов А. А. О причинах снижения содержания борнилацетата в эфирном масле при переработке измельченной зелени пихты. — Лесохимия и подсочка, 1974, № 6, с. 10—11.
12. Кевиньш Ю. Ю. Механизмы для заготовки древесной зелени. Комплексная механизация рубок ухода. Рига: Зинатне, 1979, с. 176—186.
13. Ладинская С. И., Глухов Т. В., Медников Ф. А. Экстракция хвои изопропиловым спиртом. — В кн.: Химия и химическая технология древесины: Межвузовский сборник трудов. Красноярск: СТИ, 1975, вып. 2, с. 3—7.
14. Лес — сельскому хозяйству (производство и применение продуктов переработки древесных отходов) / Под ред. А. Я. Калниньша. — М.: Лесная промышленность, 1978. 192 с.
15. Лигнины / Под ред. К. В. Сарканена и К. Х. Людвиг. — М.: Лесная промышленность, 1975. 632 с.
16. Малютина Л. А., Выродов В. А. Кинетика извлечения биологически активных веществ из древесной зелени. — Гидролизная и лесохимическая промышленность, 1979, № 8, с. 8—9.
17. Малютина Л. А., Выродов В. А. Повышение эффективности использования древесной зелени. — В кн.: Химическая и механическая переработки

древесины и древесных отходов: Межвузовский сборник трудов. Л.: ЛТА, 1979, вып. 5, с. 99—100.

18. **Малютина Л. А., Ушкова Е. В., Выродов В. А.** Интенсификация процесса извлечения биологически активных веществ из древесной зелени. — Лесохимия и подсочка, 1974, № 4, с. 9—10.

19. **Медников Ф. А.** Комплексное использование древесной зелени для получения лечебных препаратов и кормовых продуктов. Лесной журнал, 1976, № 3, с. 116—118.

20. **Митрофанов Д. П.** Химический состав лесных растений Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 120 с.

21. **Новицкая Ю. Е., Чикина П. Ф.** Азотный обмен у сосны на Севере. Л.: Наука, 1980. 126 с.

22. **Осетрова Г. В.** Годичная динамика углеводов у сосны обыкновенной в различных условиях произрастания. — В кн.: Метаболизм хвойных в связи с периодичностью их роста: Сб. тр. Института леса и древесины СО АН СССР. Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1973, с. 68—87.

23. **Правдин Л. Ф.** Леса будущего. — М., Знание, 1971. — 64 с.

24. **Производственные опыты комплексного получения биологически активных веществ из хвойной лапки.** — Лесной журнал, 1973, № 5, с. 98—102. Авт.: С. И. Ладинская, Г. М. Безденежных, Н. К. Чернышева, Ф. А. Медников.

25. **Протеин хвоя сосны и ели и возможности его выделения.** — Лесной журнал, 1975, № 4, с. 100—103. Авт.: С. И. Ладинская, Г. С. Худашова, О. В. Грацианова, Ф. А. Медников.

26. **Продукты переработки древесины — сельскому хозяйству.** Рига: Зинатне, 1973. 256 с.

27. **Получение кормовых продуктов на основе комплексной переработки технической зелени.** — Лесной журнал, 1977, № 4, с. 162—164. Авт.: С. М. Реях, Г. В. Тихомирова, Э. Д. Левин, Н. Г. Новикова, О. И. Лебедева.

28. **Судачкова Н. Е.** Метаболизм хвойных и формирование древесины. Новосибирск, Наука. 1977. 224 с.

29. **Томчук Р. И., Томчук Г. Н.** Древесная зелень и ее использование в народном хозяйстве. М.: Лесная промышленность, 1973. 360 с.

30. **Усова Н. П.** Химический состав хвои и пути ее использования. — Лесное хозяйство, 1973, № 10, с. 27—30.

31. **Ягодин В. И.** Основы химии и технологии переработки древесной зелени. Издательство Ленинградского университета, Л.: 1981. 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Химический состав древесной зелени	6
Механический состав древесной зелени	6
Азотсодержащие соединения древесной зелени	8
Липиды древесной зелени	19
Эфирные масла древесной зелени	26
Углеводы древесной зелени	37
Фенольные соединения древесной зелени	42
Минеральные компоненты древесной зелени	49
Переработка древесной зелени	55
Ресурсы древесной зелени	55
Заготовка древесной зелени	56
Кормовые продукты из древесной зелени	61
Химическая переработка древесной зелени	69
Получение микробиологических препаратов на основе водных экстрактов древесной зелени	102
Технология производства пихтового масла	109
Список использованной литературы	116

Эзра Давидович
Степан Михайлович

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕ.

Редактор издательства *В. С. Ры*
Оформление художника *В. И. Воро*
Художественный редактор *Н. Н. Кондра*
Технический редактор *Н. М. Сер*
Корректор *Е. Н. Без*
Вычитка *Л. Я. Фа*

ИБ №

Сдано в набор 15.05.84. Подписано в печать 14.09.84. Т-1
Формат 60×90/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура литератур
Печать высокая. Уел. печ. л. 7,5. Усл. кр.-отт. 7,75. Уч.-изд. л.
Тираж 3000 экз. Заказ 1305. Цена 45

Ордена «Знак Почета» издательство «Лесная промышленно
101000, Москва, ул. Кирова,

Московская типография № 8 ВГО «Союзучетиз
при Государственном комитете С
по делам издательств, полиграфии и книжной торго
107078, Москва, Каланчевский туп., д.

Издательство «Лесная промышленность» выпустит
в 1985 г. книгу

Житков А. В. Утилизация древесной коры. —
10 л. — (Серия «Экономическая жизнь страны»). —
ц. 50 к.

Освещены вопросы использования древесной коры в различных областях народного хозяйства. Описано оборудование для подготовки коры к утилизации. Дана экономическая оценка различных вариантов использования древесной коры.

Для инженерно-технических работников целлюлозно-бумажной промышленности и смежных отраслей народного хозяйства.



Заказы на эту книгу просим направлять в адреса магазинов — опорных пунктов издательства, распространяющих литературу по вопросам лесной и деревообрабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажного и лесохимического производства:

Москва 109428, ул. Михайлова, 28/7, магазин № 125;

Ленинград 193320, ул. Крыленко, 23, магазин № 106;

Красноярск 660049, проспект Мира, 86, «Дом технической книги».