

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.С. ПУШКИНА»**

М.А. БОГДАСАРОВ

**ИСКОПАЕМЫЕ СМОЛЫ
СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ**

БРЕСТ 2005

УДК 549.892.2
ББК 26.325.28 (4 Бей)
Б 73

Рецензенты:

А.В. Матвеев, академик НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией современных геологических процессов Института геохимии и геофизики НАН Беларуси;

Я.К. Еловичева, доктор географических наук, доцент, заведующая кафедрой физической географии материков и океанов с методикой преподавания географии Белорусского государственного университета.

*Печатается по решению редакционно-издательского
совета БрГУ им. А.С. Пушкина*

Б 73 Ископаемые смолы Северной Евразии / М.А. Богдасаров. Брест. Издательство УО «БрГУ им. А.С. Пушкина», 2005. – 180 с.

Рассмотрены история изучения и современные представления об ископаемых смолах. Изучены минералогические особенности смол: морфология, оптические и механические свойства, инфракрасная спектрометрия, термические свойства, химический состав. Даны представления о генезисе ископаемых смол. Описаны области применения и технические требования, предъявляемые промышленностью к ископаемым смолам.

Книга адресована специалистам, занимающимся вопросами геологии и минералогии ископаемых смол, а также географам, биологам, историкам и студентам геолого-географического, биологического и исторического профиля.

Табл. 26 Илл. 28 Фото 16 Библиогр. 70 назв.

УДК 549.892.2
ББК 26.325.28 (4 Бей)

©М.А. Богдасаров, 2005
© Издательство УО «БрГУ
им. А.С. Пушкина», 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 История изучения, современные представления о распространении и природе ископаемых смол, методика исследований	8
1.1 История изучения янтаря и янтареподобных ископаемых смол	8
1.2 Современное положение ископаемых смол в минералогических классификациях	11
1.3 Эволюция ископаемых смол как природных образований некристаллического строения	13
1.4 Принципы современного районирования янтареносных областей земного шара	16
1.5 География археологических находок ископаемых смол	17
1.6 Приборные методы анализа ископаемых смол.....	32
2 Генетические типы месторождений ископаемых смол	39
2.1 Первичные биогенно-осадочные месторождения	39
2.2 Вторичные россыпные месторождения.....	42
3 Геологическое строение месторождений ископаемых смол.....	46
3.1 Балтийско-Днепровская янтареносная провинция.....	46
3.1.1 Калининградская область России	46
3.1.2 Ровенская область Украины	53
3.1.3 Брестская область Беларуси	57
3.2 Северо-Сибирская янтареносная провинция	64
3.2.1 Югорский полуостров	65
3.2.2 Хатангская впадина	68
3.3 Дальневосточная янтареносная провинция.....	70
3.3.1 Приморский край.....	71
3.3.2 Камчатка и Сахалин	73
4 Физико-химическая характеристика ископаемых смол	74
4.1 Балтийско-Днепровская янтареносная провинция.....	74

4.1.1 Морфология. Размеры. Масса	74
4.1.2 Оптические свойства	79
4.1.3 Механические свойства	87
4.1.4 Плотность	92
4.1.5 Рентгенография	92
4.1.6 Электронный парамагнитный резонанс	95
4.1.7 Термические свойства	97
4.1.8 Инфракрасная спектрометрия	100
4.1.9 Химический элементный состав	104
4.1.10 Включения	114
4.2 Северо-Сибирская и Дальневосточная янтареносные провинции	114
4.2.1 Морфология. Размеры. Масса	114
4.2.2 Оптические свойства	116
4.2.3 Механические свойства	121
4.2.4 Плотность	123
4.2.5 Рентгенография	124
4.2.6 Электронный парамагнитный резонанс	125
4.2.7 Термические свойства	125
4.2.8 Инфракрасная спектрометрия	126
4.2.9 Химический элементный состав	132
4.2.10 Включения	135
5 Проблемы диагностики, генезиса и практического использования ископаемых смол	136
5.1 Сравнительная характеристика ископаемых смол	136
5.2 Критерии прогноза янтареносности	146
5.3 Технология промышленной переработки янтаря	155
5.4 Использование янтаря и его производных в медицине	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	170
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	175

ВВЕДЕНИЕ

Янтарь считается одним из самых популярных ювелирно-поделочных камней, известных человеку еще с глубокой древности. Необработанные куски янтаря встречаются на палеолитических стоянках, а в более поздних погребениях находят бусины, пуговицы, примитивные фигурки людей, животных и другие изделия из окаменевшей смолы. С течением времени янтарь широко распространился по странам древних цивилизаций, о чем наглядно свидетельствуют как богатые археологические материалы, так и дошедшие до нас письменные источники.

В настоящее время известная география размещения и качественное состояние сырьевой базы янтаря в мире требуют развертывания работ по поискам промышленных скоплений этого самоцвета не только на площадях с уже известными месторождениями, но и в других районах. Появление в последние десятилетия ряда новых физических методов исследования вещества дало возможность провести ревизию выделенных ранее минеральных видов ископаемых смол, идентифицировать их, а также, по большой выборке анализов, выделить промежуточные члены существующих в природе рядов янтареподобных ископаемых смол.

При проведении подобного рода исследований следует принимать во внимание следующее обстоятельство: янтарь является природным полимером, внутреннее строение которого полностью не расшифровано до сих пор. Слабая изученность ископаемых смол связана с отсутствием у них кристаллической структуры, а значит, малой информативностью или просто непригодностью традиционных минералогических методов для их изучения. При работе с ископаемыми смолами необходимо учитывать особенности их строения и интерпретировать их свойства согласно представлениям, развитым в физике и физикохимии полимеров, используя для этих целей соответствующие методы.

Современные представления о янтарености Евразии сформировались благодаря исследованиям С.С.Савкевича, В.И.Катинаса, Н.П.Юшкина, В.С.Трофимова, Б.И.Сребродольского, А.А.Богдасарова, И.И.Урьева и др. Эти исследования позволили выявить информацию о геологическом строении проявлений, характере залегания и отдельных минералогических особенностях смол. Однако до сих пор нет ни одной работы, в которой комплексно и на современном уровне знаний была бы рассмотрена минералогия ископаемых смол с целью установления их генетической принадлежности, а следовательно, и возможности дальнейшего использования в народном хозяйстве.

Актуальность проводимых исследований определяется слабой изученностью физико-химических свойств, элементного состава и генезиса многих ископаемых смол. Положение усугубляется появлением в литературе терминологических неточностей, в том числе объединением всех ископаемых смол под термином «янтарь», что приводит к усреднению характеристик различных видов смол и, как следствие, к неправильным оценкам территорий на янтареносность. Детальное изучение особенностей распространения, свойств и состава, а на их основе диагностика и решение вопросов генезиса позволит в дальнейшем целенаправленно планировать все работы по янтарию, который находит все более широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Научная идея данной монографии заключается в попытке впервые в рамках одного исследования всесторонне изучить ископаемые смолы Евразии, имеющие распространение севернее 40° северной широты, геологическое строение их проявлений, физические свойства и химический состав самих смол. Целью исследований является диагностика и решение вопросов генезиса ископаемых смол из меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений Северной Евразии на основе комплексного и детального изучения их физико-химических характеристик.

В задачи исследования входит изучение геологического строения янтареносных отложений и выявление особенностей распространения в них ископаемых смол, исследование физических, физико-химических и химических особенностей ископаемых смол, диагностика ископаемых смол, распространенных в пределах исследуемой территории, решение вопросов генезиса ископаемых смол.

Созданию работы предшествовал более чем десятилетний опыт минералогических исследований автора на важнейших месторождениях ископаемых смол, а также работа с фондовыми материалами по геологии ряда проявлений Сибири и Дальнего Востока. Лабораторные исследования ископаемых смол проводились в ведущих учреждениях Москвы, Сыктывкара, Минска, занимающихся отдельными аспектами данной проблемы. Имеющиеся творческие научные связи автора с ведущими специалистами в области минералогии органических соединений позволили получить информационную поддержку при проведении наиболее сложных приборных исследований.

Исследования геологического строения проявлений и физико-химических особенностей ископаемых смол проводились в Брестском государственном университете имени А.С.Пушкина и в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси в 1991-2005 гг. в рамках договоров о творческом сотрудничестве между этими организациями. Работа

выполнялась также в связи с проектом БРФФИ № Х02М-015 «Ископаемые смолы СНГ» (2002-2004 гг., № госрегистрации 20021858). Полученные автором за этот период материалы вошли в данную монографию. В результате выполнения работы изучены:

- геологическое строение важнейших проявлений ископаемых смол Северной Евразии, закономерности их размещения;
- характерные физические свойства и химический состав ископаемых смол;
- систематическое положение изученных видов ископаемых смол;
- минералого-технологические особенности ископаемых смол, необходимые для возможности использования их в народном хозяйстве.

Научно-практическая значимость результатов работы состоит в диагностике изученных видов ископаемых смол, имеющих распространение в пределах Северной Евразии, и определении черт их сходства и различия, а на этой основе подготовке к дальнейшему поэтапному решению проблемы их происхождения. Полученные результаты могут найти применение при прогнозировании проявлений ископаемых смол в меловых, палеоген-неогеновых и четвертичных отложениях изученных янтареносных провинций, в первую очередь Балтийско-Днепровской, и оценке качества ископаемых смол на предмет их промышленной добычи и переработки.

Автор выражает искреннюю признательность академику НАН Беларуси А.В.Матвееву, академику РАН Н.П.Юшкину, д.г.н. Я.К.Еловичевой, к.г.-м.н. В.Е.Бордону, к.г.-м.н. И.И.Урьеву, чьими советами и консультациями он пользовался на разных этапах своей работы. Аналитические исследования проводились в лабораториях БрГУ им. А.С.Пушкина (Брест), ИГГ НАН Беларуси, ИФОХ НАН Беларуси, (Минск), ВИМС, ИМГРЭ (Москва), Институте геологии Коми научного центра УО РАН (Сыктывкар).

1 История изучения, современные представления о распространении и природе ископаемых смол, методика исследований

1.1 История изучения янтаря и янтареподобных ископаемых смол

Янтарь известен человечеству с незапамятных времен, упоминания о нем содержатся в древнейших памятниках культуры. Самым ранним из дошедших до нас письменных упоминаний о янтаре, по-видимому, следует считать клинопись на обелиске X века до нашей эры, хранящемся в Британском музее. В ней имеется указание, что янтарь добывают в северных странах.

Впервые в наиболее полном и систематизированном виде сведения о янтаре приводятся в широко известной «Естественной истории» Плиния Старшего (I век нашей эры), который вполне однозначно говорит о растительном происхождении янтаря, образующегося из жидкой живицы хвойных деревьев, которая со временем затвердевает, попадая в волны прибоя. Дальнейшие упоминания о янтаре у ряда римских, византийских и арабских авторов ничего нового, по сравнению с данными Плиния, не внесли.

Сильно возрос интерес к янтарию лишь на рубеже XV-XVI веков, когда развитие горнодобывающего дела в Европе обусловило необходимость более детального изучения полезных ископаемых. Наблюдения над многочисленными рудными месторождениями способствовали появлению представлений о неорганическом происхождении янтаря. Решающим было мнение крупнейшего специалиста того времени в области поисков и добычи полезных ископаемых Г.Агриколы [1], который считал, что янтарь образуется при затвердевании на воздухе жидкого битуминозного вещества, вытекающего из недр Земли.

Несколько позже появляется монография А.Аурифабера [1], посвященная янтарию, по форме приближающаяся к современным научным публикациям. По существу, в ней впервые после многовекового перерыва вновь серьезно поднимается проблема всестороннего изучения янтаря. В отличие от сравнительно отрывочных сведений, содержащихся в работах древних и средневековых авторов, А.Аурифабер обобщил все имевшиеся к его времени сведения о янтаре, классифицируя и порой критически пересматривая их на основании собственных наблюдений и опытов. Во взглядах на происхождение янтаря А.Аурифабер находился под влиянием Г.Агриколы, точка зрения которого являлась господствующей в течение последующих двухсот лет.

Поворотным моментом в развитии взглядов на происхождение янтаря можно считать вторую половину XVIII века. В этот период обращают на себя внимание труды великого русского ученого М.В.Ломоносова (1711-1765). В своих работах он приводит неоспоримые доказательства растительного происхождения янтаря и подвергает справедливой критике доводы большинства ученых, свидетельствовавшие якобы о его неорганической природе. Геологические построения М.В.Ломоносова намного опередили научную мысль своей эпохи, поэтому труды его в течение длительного времени не находили должного отклика. Такая же судьба постигла взгляды ученого относительно происхождения янтаря.

Борьба органической и неорганической теорий происхождения янтаря протекала примерно до конца первой четверти XIX века. Прочное и впоследствии достойное место в науке заняла теория о растительном происхождении после выхода в свет работ И.Ф.Йоона [1]. Химические характеристики в совокупности с изучением физических свойств дали основание ученому установить генетическую принадлежность и произвести классификацию изученных им веществ. Проведенные исследования привели его к заключению, что янтарь представляет собой почти неизменную смолу деревьев, которые были родственниками каучуконосов.

В начале второй четверти XIX века теория органического происхождения янтаря стала общепринятой. Однако единого мнения о том, к каким родам и видам следует причислять растительность, за счет смолы которой возникал янтарь, в то время еще не было. Г.Гепперт [1] первым пришел к заключению, что янтарь образовался за счет смолы хвойных, которые он объединял под общим названием *Pinus succinifera* (сосна янтареносная). Это же мнение разделял Г.Конвенц [1], впервые давший подробное описание янтареносного леса и высказавший долгое время пользовавшееся популярностью предположение относительно причин обильного выделения хвойными смолы. Последнее, по его мнению, могло быть обусловлено постоянными ранениями сосен и их болезненным состоянием из-за многочисленных вредителей и стихийных бедствий.

Основоположником исследований янтареносных отложений Прибалтики является Э.Цаддах [1], который выявил черты их геологического строения и стратиграфического расчленения и наметил два принципиально возможных способа переотложения янтаря (морской и речной). Конкретно для скоплений янтаря Самбии Э.Цаддах принимал оба этих способа, считая, что янтарь захоронялся на небольшом расстоянии от первичных залежей (ископаемых почв янтареносных лесов), поскольку при продолжительной транспортировке куски не сохранили бы

первоначальной формы и тем более разнообразных тонких структур и отпечатков на своей поверхности.

Интенсификация добычи янтаря во второй половине XIX века дает толчок его всестороннему изучению. В этот период выходят в свет два крупных цикла работ по минералогии янтаря, из которых первый, принадлежащий О.Гельму, – «Сообщения о янтаре» [1] публикуется в течение 1881-1896 годов, а второй – «Минералогическое изучение янтаря», автором которого является П.Даамс [1], в течение 1894-1922 годов. Работы этих авторов положили начало детальному минералогическому изучению янтаря и подразделению его на ряд минеральных видов, различающихся по свойствам и составу. В это же время происходит более четкое оформление идей об изменчивости янтаря под действием некоторых факторов внешней среды.

В первой половине XX века усиливается внимание к приемам диагностики ископаемых смол, в частности сукцинита, на основании изучения их физических и химических свойств. Многие работы, однако, носят компилятивный характер, так как их авторы не внесли ничего нового по сравнению с опубликованным ранее. Существенно отличается от таких исследований монография Н.А.Орлова и В.А.Успенского «Минералогия каустобиолитов» [2]. Используя литературный материал, накопленный их предшественниками, авторы переосмыслили его, что вылилось в совершенно новую и принципиально отличную от всех предыдущих классификацию ископаемых смол, во многом сохраняющую свое значение и до настоящего времени.

Последний этап в исследовании янтаря начинается с 1945 года, однако новые работы по изучению свойств и состава ископаемых смол современными физико-химическими методами появляются лишь в конце следующего десятилетия. Важнейшими публикациями данного этапа без преувеличения можно считать монографии С.С.Савкевича «Янтарь» [1] и В.И.Катинаса «Янтарь и янтареносные отложения юга Прибалтики» [3], первая из которых посвящена изучению физической и химической природы и вопросам генезиса янтаря, а вторая, помимо этого, раскрывает также особенности формирования янтареносных отложений.

Современные представления о янтареносности территории Беларуси сформировались благодаря наблюдениям Э.А.Левкова и С.С.Манькина [4], впервые отметивших наличие янтаря в кернах скважин, которые вскрыли отложения палеогена в Брестской и Гомельской областях, работам А.П.Башаркевича, Г.И.Илькевича, Л.И.Матрунчика, А.С.Махнача [5, 6], суммировавших результаты проведенного изучения янтареносности палеогеновых и четвертичных отложений республики, исследованиям А.А.Богдасарова [7, 8, 9, 10], И.И.Урьева [8, 9, 10], Л.Ф.Ажгиревич [10],

которые изучили янтарепроявления антропогенного возраста, и М.А.Богдасарова [11, 12] описавшего белорусский янтарь.

Значительный вклад в решение многих вопросов, касающихся тех или иных аспектов рассматриваемой проблемы, на данном этапе внесли также работы Н.П.Юшкина [13], В.С.Трофимова [14], Б.И.Сребродольского [15], Т.Н.Соколовой [16], И.А.Майдановича и Д.Е.Макаренко [17]. Наиболее значительным изданием в этой области стал вышедший в 1996 году в Германии каталог «Bernstein» [18], в создании которого принимало участие более 50 специалистов из разных стран, в том числе и автор данной монографии.

1.2 Современное положение ископаемых смол в минералогических классификациях

Современные представления об уровне организации вещества, о малоупорядоченных фазах, а также развитие теории и методов изучения вещества и аппаратуры для минералогических исследований позволяют расширить круг объектов минералогии и подойти к систематическому изучению органических минералов полимерного строения и других некристаллических соединений литосферы. Основными задачами такого изучения должны явиться ревизия известных минеральных видов, изучение их структуры и свойств, выявление областей применения в народном хозяйстве, определение роли и места этих соединений в общей эволюции литосферы и построение их структурно-генетической классификации. Несмотря на то, что янтарь является одним из первых минералов, известных человеку и нашедших практическое применение, его положение в современных минералогических классификациях остается спорным. Классификационным признаком ископаемых смол в ранних минералогических классификациях являлся их вещественный состав, поэтому в одну группу вместе со смолами нередко попадали битумы, угли, асфальтиты и кристаллические смолы. Характерно, что всегда отмечалась разница между собственно янтарем, под которым подразумевается сукцинит, и другими видами ископаемых смол.

Развитие физики и химии органических соединений позволило определить разные совокупности показателей, которыми описываются органические и неорганические тела, разные методы их изучения и принципы построения классификаций. Для неорганических минералов таким принципом стал вещественно-структурный, а для органических – в основном генетический или структурно-генетический, что, в свою очередь, послужило основанием для развития биоминералогии и выделения минералогии органических соединений в самостоятельную ветвь общей

минералогии. В этот период наиболее полно ископаемые смолы (30 видов) были описаны в минералогии каустобиолитов Н.А.Орлова и В.А.Успенского [2]. Это одна из первых классификаций органических соединений литосферы, в которой, наряду со свойствами смол, используется генетический принцип. В ней выделяется несколько классов органических соединений: ископаемые смолы, битумы, парафины, соли органических кислот и др. Класс смол делится на два подкласса: ретиниты и кристаллические смолы. Разделение на семейства ископаемых смол производится с учетом особенностей вещественного состава, свойств и морфологических признаков.

Довольно часто органические соединения литосферы выделяют по признаку горючести в группу каустобиолитов. Применение термина «каустобиолиты» для обозначения органических соединений в настоящее время подвергается справедливой критике как по причине несоответствия смысловому содержанию (биогенное происхождение может быть присуще не только объектам органического состава, а признак горючести характерен и для части неорганических соединений), так и из-за неполноты охвата природных органических веществ (соли органических кислот, как правило, не горючи). Попытки построения классификации ископаемых смол предпринимались В.С.Трофимовым [19], который, ссылаясь на мнение исследователей XIX века об изменчивости свойств янтаря и невозможности по этой причине выделения минеральных видов, исключил ископаемые смолы из числа минералов вовсе. Вряд ли эту классификацию можно считать шагом вперед. Генетический принцип, положенный в основу, не реализован из-за отсутствия четких представлений как о свойствах ископаемых смол, так и влиянии геологической обстановки на процессы, происходящие в смолах.

Для обозначения природных органических и некристаллических веществ нередко используется термин «минералоид», который определяется по-разному различными исследователями. Обычно к числу минералоидов относят некристаллические соединения, для которых характерно некоторое постоянство состава. Трудно согласиться с необходимостью введения столь неопределенного термина для обозначения части природных химических соединений, не являющихся упорядоченными кристаллическими фазами. Н.П.Юшкин [20] все неорганические и органические, кристаллические и аморфные вещества, наблюдаемые в природе и образующиеся во время земных реакций, предлагает считать минералами.

Как это ни удивительно, но самой полной минералогической сводкой ископаемых смол до сих пор остается монография Н.В.Орлова и В.А.Успенского [2], хотя следует отметить, что многие минеральные виды

описаны в ней по единичным анализам. Имея возможность сравнивать только единичные находки, нельзя сделать какие-либо выводы относительно различия или идентичности ископаемых смол из разных местонахождений. При столь незначительных статистических выборках выделение минеральных видов ископаемых смол, а также их семейств и групп может быть поставлено под сомнение [21]. Так, в связи с последующим уточнением ряда свойств ископаемых смол и границ существования некоторых минеральных видов и их генетических соотношений выяснилась неправомерность отнесения сукцинита и румэнита к разным семействам, а также объединение в семействе ретинитов столь различных по генезису и свойствам видов, как геданит и ретиниты.

К сожалению, несмотря на определенный прогресс, достигнутый в последние годы в области исследования структуры и свойств сукцинита и в значительно меньшей степени других ископаемых смол, положение с их минералогической изученностью в целом ничуть не лучше, чем со многими другими органическими минералами, сведения о которых все еще недостаточны.

Изученные разновидности ископаемых смол представляют собой как вязкие (сукцинит), так и хрупкие (геданит, ретиниты) смолы, которые с уверенностью можно диагностировать и классифицировать как таковые. Местоположение этих разновидностей ископаемых смол в минералогической систематике не вызывает сомнений. В то же время, как отмечалось выше, многие разновидности ископаемых смол, изучавшиеся по единичным анализам другими авторами, не могут быть диагностированы, а следовательно, и классифицированы, с высокой степенью достоверности. Приходится признать, что окончательное решение вопроса об их систематическом положении – дело будущего, возможно не столь отдаленного. Решение этого вопроса целиком зависит от накопления детально выверенных и систематизированных сведений об янтареподобных ископаемых смолах всего мира, по аналогии с данными, представленными в настоящей работе.

1.3 Эволюция ископаемых смол как природных образований некристаллического строения

Для процесса образования и сохранения янтаря (сукцинита) были необходимы определенные палеогеографические условия. Известно, что во всей геологической истории Земли до начала кайнозойской эры, т.е. до палеогена янтарь (сукцинит) почти не встречается. Средняя продолжительность эпохи янтареобразования определена приблизительно

в 3 млн. лет и соответствует концу среднего (киевский век) – началу позднего (харьковский век) эоцена, в абсолютном исчислении 43-40 млн. лет тому назад. Эти выводы получены исходя из фактических данных по встречаемости янтаря, которая увеличивается начиная со второй половины киевского (бартонский век, интервал 44-42 млн. лет) и до первой половины харьковского (приабонский век, интервал 42-38 млн. лет) времени [10, 17].

Янтарь представляет собой продукт жизнедеятельности ископаемых сосен, объединяемых под общим названием *Pinus succinifera* (сосна янтареносная). До сих пор, однако, не существует единого мнения относительно причин обильного выделения этими хвойными смолы, впоследствии превратившейся в янтарь. Довольно долгое время популярностью пользовалась гипотеза Г.Конвенца, объяснявшая обильное смоловыделение сосен неблагоприятными условиями их произрастания. С.С.Савкевич [22, 23], не касаясь, по его мнению, еще недостаточно исследованных причин сукциноза, оставлял этот вопрос открытым, полагая только, что периодически повторяющееся обильное истечение смолы из одной и той же раны могло быть вызвано какими-то специфическими патологическими процессами янтареносного дерева, обусловленными в значительной мере внешними причинами.

Процесс образования янтаря, по современным представлениям, распадается на несколько этапов. Первый из них охватывает образование живицы, ее истечение из дерева, а также начальные моменты фоссилизации живицы на дневной поверхности. Выделение живицы было быстрым, кратковременным, интенсивным и часто повторяющимся. Вероятно, она представляла собой прозрачную светло-желтую слабовязкую жидкость, часто включавшую клеточный сок. Поверхностные изменения живицы, происходившие при высокой температуре (+18 – +20⁰С), свободном доступе кислорода и азота и воздействии света, вызывавших испарение летучих компонентов, приводили к ее потемнению, затвердеванию и увеличению плотности. Продолжительность первого этапа была невелика и ограничивалась временем существования янтареносного дерева, т.е. несколькими столетиями.

После отмирания деревьев смола попадала в почву, где и происходили основные процессы ее фоссилизации, которые длились до начала размыва первичных залежей смолы, образовавшихся на месте существования «янтарного» леса. Продолжительность второго этапа соответствует миллионам лет. Все это время, находясь в почве, смола претерпевала различные изменения, исключительно тесно связанные с процессами почвообразования. Их своеобразие определялось характером среды. Совокупность ряда молекулярных превращений в итоге привела к образованию большинства основных составных частей янтаря уже на

втором этапе изменения смолы. Одновременно произошли и некоторые изменения ее физико-химических свойств: увеличилась твердость, повысилась температура плавления и т.д.

Третий этап в образовании янтаря ознаменовался размывом, переносом и отложением ископаемой смолы из лесных почв в водный бассейн. В.И.Катинас [24] превращения смолы на конечном этапе образования янтаря рассматривает лишь как дополнение к тем изменениям, которые происходили в почве «янтарного» леса и которые, по его мнению, и придали смоле основные свойства янтаря. Иной точки зрения придерживаются С.С.Савкевич [22] и Б.И.Сребродольский [25], по данным которых превращение смолы в янтарь в течение третьего этапа проходит при участии кислородосодержащих, обогащенных калием щелочных иловых вод. Последние, взаимодействуя со смолой, способствуют дальнейшему протеканию в ней ряда превращений, приводящих, в конечном итоге, к образованию в свободном виде янтарной кислоты и некоторых соединений кислорода.

Типизация месторождений и проявлений янтаря и других ископаемых смол имеет важное прикладное значение, так как знание генезиса месторождений является основой их прогноза и поисков. Первичная геологическая информация, как правило, является отрывочной и большей частью не дает необходимых оснований для отнесения того или иного проявления к определенному генетическому типу. Представляется очевидным, что важнейшими предпосылками для типизации месторождений янтаря должны служить минералогические определения ископаемых смол и детальная реконструкция условий формирования вмещающих пород, выполненная на основании комплекса специальных геологических исследований.

Учитывая недостаточный объем информации о генезисе большинства известных месторождений и проявлений янтаря, их классификацию целесообразно проводить лишь в общих чертах, выделяя первичные месторождения (проявления), характеризующиеся отсутствием переноса ископаемых смол и вторичные месторождения (проявления), образование которых связано с процессами переноса и переотложения ископаемых смол в различных масштабах. В настоящее время известно, что в одном месте могут встречаться несколько минеральных видов ископаемых смол. Современные физико-химические методы исследования позволяют однозначно диагностировать янтарь (сукцинит), равно как и прочие ископаемые смолы, уступающие янтарю как по качеству, так и по стоимости.

1.4 Принципы современного районирования янтареносных областей земного шара

Проблема современного районирования территории земного шара применительно к ареалам образования и распространения янтаря созрела уже давно. До настоящего времени единственной относительно объемной классификацией янтареносных провинций мира является классификация В.С.Трофимова [14], согласно которой по морфологическому и геологическому строению, распространению растительности и отдельных климатических зон, а также типам месторождений янтаря, их возрасту и размещению в мире выделяются всего две янтареносные провинции – Евроазиатская и Американская.

Каждая из них подразделяется, в свою очередь, на ряд субпровинций, выделяемых на основе пространственного размещения первичных и вторичных месторождений янтаря, их сохранности, возраста, состава и свойств заключенного в них янтаря. В пределах Евроазиатской янтареносной провинции В.С.Трофимов выделяет шесть различных пространственно разобщенных субпровинций: Балтийско-Днепровскую, Карпатскую, Северо-Сибирскую, Дальневосточную, Сицилийскую и Бирманскую, а в пределах Американской – две: Северо-Американскую и Мексиканскую.

Необходимо отметить, что В.С.Трофимов использовал термин «янтарь» для обозначения всех без исключения видов ископаемых смол – как вязких, так и хрупких, как древних, мел-палеогеновых, так и молодых, неоген-четвертичных. О недопустимости подобного подхода в современной минералогической систематике, говорилось уже не раз [1, 12]. По нашему мнению, районирование янтареносных провинций на основе анализа распространения ископаемой смолоносной растительности, без учета факторов, действующих на живицу в процессе ее диагенеза, которые приводят к образованию различных видов ископаемых смол, не позволяет должным образом идентифицировать те или иные характерные особенности, присущие как самим смолам, так всей палеогеографической обстановке их образования, тем более что и состав янтаря из отложений разного возраста различный.

При детальном анализе разнообразных данных по ископаемым смолам, которые находятся в нашем распоряжении, необходимым становится выдвижение для обсуждения нескольких принципов, на которых, как представляется, должна строиться современная система районирования территории земного шара, применительно к ареалам образования и распространения янтаря. Важнейшими принципами являются следующие:

- диагностика разных видов ископаемых смол, основанная на комплексном исследовании их физических свойств, химического состава и различных включений в них;
- изучение геологического строения и закономерностей размещения месторождений и проявлений каждого из диагностированных видов смол;
- анализ палеогеографической ситуации времени образования, переотложения и накопления ископаемых смол применительно к конкретному ареалу распространения каждого вида.

Именно так, последовательно, от частного к общему, должно строиться современное районирование янтареносных областей земного шара, основываясь на фактическом материале, доступном для взаимной проверки разными методами. К сожалению, сведения, содержащиеся в большинстве литературных источников, представляют собой результаты единичных анализов, сделанных еще в первой половине прошлого века (исключение составляет детально изученный сукцинит). По нашему мнению, в ряде случаев выделение новых видов было совершенно неоправданным, так как базировалось на различиях в химическом составе образцов, который, как теперь известно, не может служить единственным определяющим критерием при диагностике видов ископаемых смол. В пределах Северной Евразии, с учетом всего сказанного выше, предварительно могут быть выделены Балтийско-Днепровская, Северо-Сибирская и Дальневосточная янтареносные провинции.

1.5 География археологических находок ископаемых смол

Особый интерес для исследований представляют находки ископаемых смол, сделанных при проведении археологических раскопок. Археологи уделяют большое внимание необработанным кусочкам смол и изделиям из них, исследуя свойства, состав и технологию их обработки. История находок ископаемых смол во всем мире тянется непрерывной временной нитью от эпох древних племен до настоящего времени. Представление о широком распространении археологических находок янтаря в Северной Евразии, учитывая уникальность янтарных месторождений (для промышленного освоения еще недавно людям было доступно лишь Пальмникенское месторождение, расположенное на территории Калининградской области России), позволяет не только осознать его подлинное значение для человека, но и, знакомясь с торговыми путями этого минерала, разрабатывать археологические критерии поиска новых проявлений ископаемых смол.

Впервые янтарь стал использоваться человеком во времена *палеолита* (450000–12000 лет до н.э.). Необработанные куски янтаря были найдены в районах Грот д'Оренсан (Верхние Пиренеи), Юденес (Австрия), Костелик и Зитми (Моравия) и Чиокловина (Румыния) на местах пещерных стоянок первобытного человека. Как видно, все эти находки были сделаны в Южной Европе, вдали от основных источников янтаря на Балтике. Вероятно, первобытные охотники подбирали янтарь на севере как диковины и приносили на юг, к пещерам. Находки янтаря, относящиеся к палеолиту, отмечались и в Англии, в пещере Гоф. На территории стран Содружества независимых государств янтарь в палеолитических стоянках обнаружен не был, хотя южные границы ареала распространения природного янтаря совпадают с геологическими границами четвертичных оледенений Европы [11, 26].

В Прибалтике не отмечено следов крупных поселений, относящихся к периоду палеолита, когда большая часть этой территории была еще покрыта льдами. Однако при наступлении потепления охотники продвигались к северу, следуя за стадами северного оленя, и известно, что человек в эпоху *мезолита* (12000–4000 лет до н.э.) широко использовал камень, кость, дерево и янтарь. Последний, как правило, обработанный: бусы, ожерелья, фигурки людей и животных. В Дании, близ р. Халлеби на западе о. Зеландия, была найдена янтарная подвеска, сделанная охотником того времени. Одна сторона этой подвески, не утратившей чистого желтого цвета, украшена каймой с геометрическим рисунком, а на другой стороне вырезано несколько фигурок. Янтарные фигурки животных, на которых охотился первобытный человек, являются древнейшими объемными произведениями искусства в Северной Европе. Первые подобные находки были сделаны в Дании в XIX в. и относятся к VII тыс. до н.э.

До Второй мировой войны были найдены фигурки медведя из Столпа, лося из Вольденбурга (близ Берлина) и кабана из окрестностей Гданьска. В XIX в. в Юодкрайте (Литва) было найдено 400 предметов из янтаря, датируемых каменным веком. Однако в настоящее время считается, что эти изделия на несколько тысячелетий моложе, чем предметы такого типа из Дании. Среди находок имеются изображения животных – объектов охоты, несколько плоских фигурок людей и др. Фигурки выполнены из крупных кусков янтаря длиной до 10 см и более, с высокой степенью сохранности, их поверхность лишь незначительно окислена. Характерная деталь: одновременно были обнаружены и необработанные кусочки янтаря желтого цвета, причем форма и размеры их чрезвычайно разнообразны, степень окисления небольшая и цветовая гамма преимущественно светло-желтого цвета [11, 26].

В эпоху *неолита* и *энеолита* (4000–1800 лет до н.э.) существовал высокоразвитый промысел по обработке янтаря на Балтике. На озерах Любаннер в Литве было найдено большое количество незаконченных изделий. Однако находки в этой местности были вполне характерными для III тыс.: диски с крестообразными узорами, простые круглые диски, которые изготавливались в Дании за несколько сот лет до литовских. Кроме того, в Дании в 1958 г. был найден горшок, датируемый 3500 г. до н.э., в котором находилось около 400 янтарных бусин. Эту находку дополняет обломок бусины, датируемый 2400-2300 гг. до н.э., который был обнаружен на месте стоянки человека времени неолита в районе Бенерз-а-Шарови, департамент Изер, Франция. Часто такой янтарь сохраняет хорошую полировку, видимо, его никогда не носили.

Янтарные бусы также встречаются и в захоронениях древних земледельцев, но в меньших количествах, чем в жертвенниках. Подобным примером является захоронение в районе Дрогсхольма на о. Зеландия в Дании, где были найдены останки 20-летнего юноши, вместе с которыми находились его боевой топор, стрела и 53 янтарных предмета, включавшие ожерелье, несколько бусин, когда-то нашитых на его одежду, причем форма бусин наиболее редкая из всех встречающихся – каплевидная. Большая часть янтарных изделий из жертвенников и захоронений представляет собой боевые амулеты. Возникновение в Дании после 2800 г. до н.э. культуры подземных могильников отразило радикальные перемены в жизни первобытного общества. Впервые стала появляться бронза, что совпадало с появлением церемониальных топоров, изготовленных из янтаря. В местечке Сорнате, к северу от Лиенау, была обнаружена мастерская по обработке янтаря, датируемая концом неолита - началом бронзового века.

В неолите янтарь проник в район Средиземного моря, о чем говорят находки янтарных бус в гробницах египетских фараонов VI династии (3200 лет до н.э.). Имеются находки янтарных изделий предположительно из Анатолии и Месопотамии, относящихся ко II и III тыс. до н.э., но они не были точно идентифицированы. Большое распространение янтарь получил в Микенской Греции в 1600–1200 гг. до н.э.

Янтарь эпохи неолита известен также и на территории современной Польши. Это отдельные находки или предметы, составляющие часть инвентаря древних захоронений. Одна из таких коллекций неолита состоит из экземпляров, найденных в 1880–82 гг. на дне Куршского залива, где были найдены пуговицы – полукруглой, овальной, лодкообразной и четырехугольной форм с отверстиями, просверленными в виде буквы V, а также другие изделия. Однако наибольший интерес пробудило открытие

янтарных фигурок людей и животных, некоторые из которых, бесспорно, служили амулетами для воинов.

Говоря о янтарных изделиях периода неолита, следует упомянуть о культуре злата, получившей название от могильника близ г. Сандомир (Южная Польша). Период существования культуры – 2300–1800 гг. до н.э. Культура представлена 106 погребальными памятниками, в инвентаре которых среди прочих вещей встречаются боевые каменные топоры, большое количество медных бусин, а также небольшие янтарные диски с V-образными отверстиями. Несмотря на различие формы, все изделия неолита объединены простотой обработки.

Изделия из янтаря встречаются и при раскопках памятников культур шнуровой керамики (вторая половина III – начало II тыс. до н.э.). Носители этой культуры занимались примитивным земледелием. Для них, как правило, характерны одиночные захоронения под небольшим курганом. Происхождение и роль этой культуры в первобытной истории является предметом длительной дискуссии. Высказывалось предположение, что ее носители были первыми индоевропейцами на континенте. Среди культур шнуровой керамики Восточной Европы исследователи выделяют в Среднем и Верхнем Поднепровье среднеднепровскую культуру, в Прикарпатье и Западной Подолии – подкарпатскую, в Поволжье – фатьяновскую, в других районах Восточной Европы – висло-неманскую и эстонскую.

Древнейшие находки янтаря в Беларуси датируются второй половиной III – первой половиной II тыс. до н.э., т.е. могут быть отнесены к концу неолита – началу бронзового века. В погребении могильника Стрелица (Гомельская область), принадлежащем племени среднеднепровской культуры, были обнаружены подвески, представляющие собой самое древнее произведение искусства из янтаря, найденное на территории Беларуси.

Янтарные украшения подкарпатской культуры представлены дисковидной пластиной, подвеской с большим отверстием в центре и маленьким боковым, плоскими округлыми бусами, подвесками в форме зуба оленя и ромбовидной формы с отверстием в центре. В погребениях фатьяновской культуры янтарные украшения представляют собой бусины, по расположению которых можно судить, что они употреблялись не только в качестве ожерелий, но и как украшения головного убора, одежды, обуви.

На территории распространения культур шнуровой керамики в Прибалтике обнаружены самые разнообразные янтарные украшения: трапециевидные пластинчатые подвески, цилиндрические пронизи, шаровидные и пуговицеобразные бусины, кольца. Для составления

ожерелий использовали янтарные пронизи, округлые, квадратные или прямоугольные пуговицы с S-образным отверстием. Для скрепления ожерелий использовали «срединные части» в виде блоков с двумя парами сквозных отверстий. Для украшения головного убора использовали клинообразные и зубовидные подвески. В позднем неолите наблюдается расцвет обработки янтаря, оживленный обмен им между родственными племенами Восточной Прибалтики [11, 26].

Эпоха бронзы (1800 лет до н.э. – VIII–VII в.в. до н.э.) представляет собой период резких прогрессивных изменений в различных культурах. Использование янтаря в это время начинает приобретать характерные особенности, соответствующие уровню развития той или иной культуры. В Древнем Египте существовал обычай окуривания гробниц перед захоронением фараона. Раскопки позволяют определить, что для этих целей использовались куски янтареподобных ископаемых смол местного происхождения.

В Микенской Греции из янтаря изготавливались пластинки, которые использовались для разделения ниток из мелких бусин. Неожиданные находки были сделаны в микенских гробницах на Пелопоннесе. Количество найденных изделий, главным образом бус, очень велико, хотя степень сохранности их плохая. Другие необычные предметы, встречающиеся вместе с янтарными бусинами в Микенской Греции, являются еще одним доказательством развития торговли с заморскими странами. Янтарный диск в золотой оправе был найден в захоронении Даби-Аксес на о. Кноссос. Диаметр этого диска составляет 25 мм, а ширина золотой оправы 5 мм. Кольцеобразные подвески и фигурки из 8 и 3 круглых элементов были найдены в Каковатоссе, а в Тиринфском кладе, датированном 1200 г. до н.э., находились янтарные бусины цилиндрической формы и четыре колесика из золотой проволоки.

В Англии также найдены разделительные пластинки, аналогичные микенским, относящиеся к уэссекской культуре. Изготовление разделительных пластинок в Британии закончилось к 1500 г. до н.э., и, хотя на территории Германии оно продолжалось еще столетие, эти пластинки уже не попадали в Грецию. Расцвет уэссекской культуры приходится на период с 2000 по 1400 гг. до н.э. Ее значение обусловлено удобным расположением Уэссекса относительно важных культовых монументов среднего неолита. Самым знаменитым изделием из янтаря этого периода является чаша в форме кубка, найденная в кургане в районе Хов, где был обнаружен гроб, в центре которого, как если бы она ранее покоилась на груди тела, находилась чаша из цельного куска красного янтаря. Она представляет собой полусферу высотой в 4 см, диаметром 9 см и емкостью около 1/4 литра. Единственным ее украшением является кайма

из пяти выступающих полос, расположенная на 1 см ниже края. Ручка чаши не прикреплена, а составляет с ней одно целое. Возраст изделия приблизительно 1500 г. до н.э.

Во II тыс. до н.э., в связи с расширением применения бронзы, произошло широкое распространение янтарных изделий в Европе. Янтарь выменивался в Центральной Европе на медь и олово, месторождения которых отсутствовали в Дании и Прибалтике.

Большое количество изделий из янтаря найдено при раскопках памятников волосовской культуры, памятники которой распространены на территории Волго-Окского междуречья, Верхней Волги и Прикамья. Культура датируется III – началом II тыс. до н.э. Таким образом, развитие этой культуры, начавшееся в позднем неолите, продолжалось и в эпоху бронзы. Яркой характеристикой волосовской культуры являются антропоморфные и зооморфные фигуры из кремня и кости. Популярны также были и подвески из клыков животных, каменные и янтарные. Янтарные украшения встречаются на многих волосовских поселениях и погребениях. Они найдены в значительном количестве на стоянках Сахтыш I, II, VII, Иловец, Модлона, Кончанское, Репише, на Белом озере, на Майданской стоянке и др. Большая часть янтарных украшений найдена в погребениях (Сахтыш VIII и Кончанское). В жилищах они встречаются реже, за исключением стоянки Модлона, где обнаружены в значительном количестве.

Формы янтарных украшений довольно разнообразны. Это округлые пуговицы с V-образным отверстием разной величины и формы, кольца, цилиндрические пронизи, удлиненные и короткие, цилиндрические пронизи с утолщением в середине и др. О назначении янтарных украшений можно судить по местам их находок в погребениях. Часть их использовалась в качестве пронизей в ожерельях, а большая часть нашивалась на одежду, уборы, пояса, обувь. Повторяемость расположения украшений свидетельствует об определенной традиции в украшении одежды и головного убора.

Янтарные украшения происходили из женских погребений. Все вышперечисленные формы янтарных украшений встречаются в Прибалтике, например, на стоянках Лубанской низменности в Латвии найдены абсолютно идентичные формы янтарных украшений. В Резнесском могильнике обнаружены, помимо каменных топоров, янтарные украшения и пуговицы. Предполагается, что на Верхнюю Волгу они попадали именно из Лубанской низменности. Хотя не исключена возможность того, что янтарные украшения попадали на волосовскую территорию по Двине и Волге и доходили до Средней Волги. Предполагается также, что в III-II тыс. до н.э. между верхневолжскими и

балтийскими племенами были более тесные связи, которые едва ли можно объяснить только обменом. Возможно, между ними существовали родственные связи.

В бронзовом веке центр добычи и торговля янтарем был на п-ове Ютландия в Дании, откуда его перевозили по р. Эльба до устья р. Заале, далее по этой реке, отчасти по суше до р. Дунай и по ней до устья р. Инн, а далее по этой реке через перевал Бреннер в Северную Италию и Рим. В середине бронзового века этот путь несколько изменился. Он начинался на Кимврском п-ове, проходил по нижнему течению р. Эльба, по р. Заале до р. Майн, далее по р. Рейн и по суше до р. Рона и достигал Средиземного моря у Мессалии (г. Марсель). В конце бронзового века, по невыясненным обстоятельствам, торговля янтарем почти полностью прекратилась и возобновилась вновь лишь около 700 гг. до н.э.

В это же время янтарь из Латвии и Литвы вывозился в Гданьск, оттуда по р. Висле сплавлялся до устья р. Нотец, пересекал ее и шел далее через Познань до устья р. Одры. По р. Одре янтарь достигал г. Вроцлав, по суше пересекал Судеты, где путь его разветвлялся; западная его ветвь сначала шла по р. Свитово до г. Брно и далее до р. Морава, а восточная начиналась от верховьев р. Морава. Далее путь перевозки янтаря продолжался по р. Дунай до Братиславы и далее через города Шопрон (Венгрия), Птуй и Целе (Югославия) по суше до г. Аквилея на Адриатическом море, являющегося центром обработки и торговли янтарем [11, 26].

В *железном веке* (I тыс. до н.э. – III в. н.э.) основным морским государством на юге была Финикия. В IX в. до н.э. ассирийские войска дошли на западе до Средиземного моря и обложили данью богатых финикийцев. Благодаря этому мы имеем две выдающиеся янтарные статуэтки ассирийского царя Ашшурнасирпала. Обе статуэтки появились на рынке в США при загадочных обстоятельствах, вызывающих сомнение в их подлинности. В течение многих лет ученые не могли раскрыть тайну их происхождения. С появлением инфракрасной спектроскопии было установлено, что одна статуэтка сделана из балтийского янтаря, а другая – из ископаемой смолы с Ближнего Востока. К концу VIII в. до н.э. янтарь снова стал доступным материалом и вошел в моду. 212 обломков янтарных изделий было найдено при раскопках на о. Родос, 46 – на о. Итака и 54 – на Перахоре, включая несколько разных печаток.

В Древней Греции янтарь широко использовался для инкрустации с золотом и слоновой костью. Особенно были популярны фибулы (броши-застежки) из бронзы и янтаря, которые носили как знатные мужчины, так и женщины. После 600 г. до н.э. мода на янтарь в Греции стала проходить,

но еще в течение 200 лет сохранялась в греческих колониях на Аппенинском полуострове.

В VI и V вв. до н.э. янтарь широко распространялся на Апенинском полуострове, сначала он появился у этрусков, которые использовали его для изготовления фибул и подвесок. Большинство богатых резных украшений из янтаря этого периода было обнаружено на месте таких поселений, как Пицениум, Апулия, Калабрия, Лукания, Кампания, Латиум. Значительная часть италийских резных изделий имеет религиозный смысл; многие из них изображают персонажи легенд и мифов Древней Греции и Рима. Если в бронзовом веке на юг Европы янтарь поступал из Ютландии по Эльбе и Рейну, в железном веке открылся второй путь с восточных берегов Балтики по Висле, доходивший не только до Средиземного, но и до Черного моря.

В искусстве обработки янтаря промежуточное положение между бронзовым и железным веками занимает гальштатский период. В районе Зальцбурга (Австрия), значение которого возросло в связи с добычей меди, сходились торговые пути всей Европы. Его роль в истории использования янтаря связана с тем, что здесь обнаружены не только привозные янтарные изделия, но и изготовленные на месте, которые, в свою очередь, речными путями попадали в юго-восточную Европу. На территории Польши в ранний период железного века, для которого здесь характерны погребения в урнах, встречаются малые бусинки из янтаря, использовавшиеся в качестве сережек, которые подвешивались на урны с прахом.

Если говорить об использовании янтаря в Риме, то, хотя город был основан в 753 г. до н.э., янтарь там использовался только в период с I в. до н.э. по I в. н.э. К самым ранним изделиям из янтаря относятся гротескные фигуры, изображающие актеров. В течение двух рассматриваемых столетий янтарь, по-видимому, обрабатывали лишь в отдельные периоды. Так, в середине I в. н.э. в Риме прошел янтарный бум, чему немало способствовал император Нерон, воспевший в поэме «янтарные волосы» Поппеи Савины.

Главным центром по импорту и изготовлению янтарных изделий был город Аквилея. Популярностью пользовались кольца, богато украшенные фигурками Венеры или Купидона, а в более поздний период женскими головками со сложными прическами. Здесь делали такие небольшие туалетные сосуды, крышки которых тщательно вытачивались на токарном станке, чтобы они плотно закрывались. До нашего времени сохранились также и маленькие флакончики и ручки для зеркал, а также фигурки, изображающие фрукты, цветы и животных, которые были особенно популярны в качестве новогодних подарков.

В IV в. до н.э. торговля янтарем и его проникновение в страны Востока значительно сократились, и возобновилась в I–II вв. до н.э. В погребениях первой половины I тыс. до н.э. на территории Восточного Закавказья также находили янтарь. Украшения иберийских племен известны главным образом по находкам в некрополе (бронзовые фибулы, серебряные серьги, сердоликовые, агатовые и янтарные бусы). В более позднее время в Иберии (VI в. до н.э. – IV в. н.э.) пользовались популярностью у женщин янтарные бусы и фибулы. Изделия из янтаря известны и на территории Кавказской Албании (I тыс. до н.э. – IV в. до н.э.) – территории современного Азербайджана, Дагестана и части Грузии. Это янтарные бусы. Бусы являлись вообще самым распространенным украшением этой культуры. В Средней Азии, на территории Хорезмского царства (VI–V вв. до н.э.), были найдены янтарные бусины и огромное ожерелье из 300 бус из стекла, пасты, раковин каури, янтаря, пирита, граната и сердолика.

В 1946 г. Хорезмская экспедиция АН СССР начала археологическое изучение этого района. Уже в результате первых разведочных работ в бассейне одного из крупнейших древних русел Сырдарьи – Жаныдарьи – был выделен особый комплекс археологических памятников, самым крупным из которых является городище Чирик-Рабат, расположенное в 300 км к юго-западу от г. Кзыл-Орда, в пустыне Кызылкум. В 1957–1960 гг. были осуществлены раскопки на городищах Чирик-Рабат и Бабиш-Мулла. В ходе раскопок были открыты мавзолеи, в которых находились нетронутыми различные изделия из золота, серебра, бронзы, стекла, кости, камня. Возраст украшений датируется V–II вв. до н.э. Особенно разнообразен и многочислен набор всевозможных бус из стекла, золота, кости, яшмы, гагата, сердолика и янтаря.

В восточном Приаралье в бассейне наиболее северных из древних русел нижней Сырдарьи – Кувандарьи и Пра-Кувандарьи, на обширной дельтовой аллювиальной равнине, обводненной озерами, располагается основной комплекс памятников джетыасарской культуры (середина I тыс. до н.э. – середина I тыс. н.э.). Она получила свое название по имени урочища, где сосредоточено большинство памятников. Довольно часты в погребениях и культурных слоях городищ находки янтарных бус округлой или чаще уплощенно-округлой формы. Широко распространенные в джетыасарских комплексах, они имеют аналоги в инвентаре сакских погребений Тагискенского могильника (VII–V вв. до н.э.; плато Тагискен, 200 км к западу от г. Кзыл-Орда).

На территории Северного Причерноморья в IV в. до н.э. – IV в. н.э. существовало множество государств, между которыми велась интенсивная торговля и обмен ценными товарами. За одну вырезанную из янтаря

фигурку можно было получить рослого здорового раба. В памятниках этой эпохи было найдено множество бус. Бусы из янтаря распределяются неравномерно по времени и памятникам. Ко второй половине VI – первой половине V вв. до н.э. относится только одна дольчатая бусина из Ольвии. Между тем на соседних территориях, например у скифов правобережья Днепра, янтарных бус много. В IV–II вв. до н.э. янтарные бусы еще единичны. Они представлены в основном крупными пронизями. Основная масса янтарных украшений относится к I–II вв. н.э. В III–IV вв. количество янтаря несколько сокращается.

Для I–II вв. наиболее характерны бусы неправильной формы, вероятно сделанные из природной янтарной гальки. К тому времени относится большинство янтарных фигурных изделий. Только подвески в виде головы лошади и лапы животного найдены в погребениях IV–III вв. до н.э., а пронизь в виде астрагала – в могиле III–IV вв. н.э. Во II–III вв. распространяются цилиндрические бусы, усеченно-конические и коротко-цилиндрические пронизи с выступающими торцами. Со второй половины III в., и особенно в IV в., становятся популярными грибовидные подвески. Наибольшее количество янтарных украшений происходит из Херсонеса и его окружи, много янтаря найдено в Ольвии и Пантикапее. Примечателен херсонесский комплекс, соединивший в себе семь уникальных подвесок пяти различных форм. Очень мало янтаря во всех памятниках Таманского полуострова и особенно в Танаисе, где более чем на 9000 разнообразных бус приходится лишь 20 янтарных.

В Скифии еще в VI в. до н.э. были распространены янтарные разделители для бус и сами бусы различной формы. В поселениях I в. н.э. были найдены женские украшения – ожерелья из янтаря. У сарматов Северного Причерноморья во II в. до н.э. были распространены украшения из янтаря, главным образом нашивки на одежду и бусы. К III в. н.э. янтарь стал употребляться более широко. Из янтаря изготовляли различные украшения, а во II в. н.э. появился новый тип бусин – 14-гранные.

На рубеже III и II вв. до н.э. на среднем Енисее в среде тагарского населения (тагарская культура была распространена в южной части Красноярского края, т.е. в Минусинской котловине, в VII–I вв. до н.э.) начали складываться и получать развитие основные элементы, характерные в дальнейшем для таштыкской культуры (I–IV вв. н.э.). Судя по археологическим данным, этот период на Среднем Енисее, именуемый тесинским этапом, охватывает два последних века до нашей эры и выступает как самостоятельный, но носящий переходный характер. Главными источниками для изучения культуры тесинского этапа служат погребальные памятники – огромные одиночные курганы с земляными насыпями и массивными каменными стенами в их основании, а также

грунтовые могильники, состоящие из многих отдельных могил. Часто в могилах находят круглые и граненые бусы из сердолика, агата, бирюзы и янтаря.

В конце III – начале IV вв. н.э. были проложены восточные пути торговли янтарем, которые шли по рекам Днепру, Днестру и Южному Бугу в Византию и римские колонии. После I в. янтарь, по-видимому, утратил популярность, но в Риме янтарные изделия в античном стиле продолжали использоваться как в самой империи, так и за ее пределами. Считается, что они представляли собой главным образом фамильные драгоценности. Сильное уменьшение количества изделий из янтаря в Римской империи в IV в. компенсировалось появлением их в большом количестве за пределами империи. Третий и четвертый века отмечены расширением вывоза с Балтики примитивных бус из янтаря. Как наследие Римской империи, через века после ее падения, предстают комплекты янтарных фишек для древнеримских настольных игр. Эти фишки были найдены при раскопках на о. Фин. Янтарь в виде кабошонов часто встречаются в великолепных кельтских брошах из серебра, датированных вплоть до VIII–IX вв.

Большое количество находок обработанного янтаря на территории Польши относится к периоду римского влияния, а поскольку среди применяемых тогда технологий обработки янтаря все еще доминировала ручная обработка, сосредоточенная главным образом на наиболее простых изделиях, то большую часть находок представляют собой бусы. К III в. появляются бусы, украшенные концентрическими кругами или опоясывающими бороздками, что свидетельствует о применении примитивных токарных инструментов. Таким образом, обработанные и украшенные бусы находят в раскопках могил от III до V вв., главным образом в Приморье, Самбии, а также на Мазурах. Древний центр обработки янтаря и производства точеных бус находился в районе нижней Вислы. Технику токарной обработки янтаря приморские мастера переняли, скорее всего, от римлян.

Большой спрос на изделия из янтаря в римский период дал толчок дальнейшему развитию ремесла, особенно вблизи мест добычи сырья. Следы мастерских по обработке янтаря II в. открыты в Яцеве на Куявах, а IV в. в Еливце, около Жешува. Также IV-V вв. датируются изделия из Осова, Шурпилы и Цецеле в окрестностях Белостока. Большой клад янтарного сырья и бус открыт в Босонии в среднем течении Вислы. По степени обработки все известные на сегодняшний день находки из Босонии можно поделить на 4 категории: готовые изделия (бусы), полуобработанные изделия, сырье в начальной стадии обработки, необработанный янтарь. Сохранилось 304 бусины, которые составляют

около 95% клада. В настоящее время имеются ограниченные возможности датирования этого клада из-за нехватки информации о существовании других предметов культуры, кроме находок из янтаря, которыми можно было бы воспользоваться как хронологическими указателями. Приблизительный возраст бусин, определенный по технологии их обработки, находится в пределах I-V вв. н.э. [11, 26].

В *Средние века* (V–XV вв. н.э.) торговля янтарем была довольно значительной. После упадка Рима торговля янтарем не прекратилась. Правда, меньше перевозилось янтаря балтийским путем в Южную Европу, но янтарем серьезно заинтересовался Ближний Восток. В начале VII в. арабы завоевали Малую и Среднюю Азию, Закавказье, Северную Африку, Северную Индию и Пиренейский полуостров и распространили в них ислам. На мусульманском Востоке наряду с прозрачным ценился молочно-белый янтарь, из которого изготавливали предметы культа. В результате захвата этих стран арабами проникновение балтийского янтаря на Восток было затруднено.

На территории Южной Германии в могильниках VII-VIII вв. встречались янтарные изделия византийского и арабского происхождения. Древние евреи называли янтарь «лингурием». Он был одним из 12 камней, которыми украшали нагрудник первосвященников. В VII в. янтарь получает распространение среди представителей черняховской культуры, занимавшей лесостепную и степную зоны правобережной Украины и лесостепную левобережной, Молдавию, часть юго-восточной Польши, Трансильвании и Румынии. Исследователи полагают, что в формировании черняховской культуры участвовали различные этнические группы (даки, сарматы, германцы, позднее скифы, анты и славяне). Вторжение гуннов привело к упадку и исчезновению культуры. В инвентаре погребений – керамика, стеклянные кубки, фибулы и костяные гребни. Серия янтарных изделий не особенно велика, а формы бус довольно примитивны. Бусины редко достигали больших размеров, и ни разу пока не была найдена целая нитка янтарных бус. Известны янтарные грибообразные бусы-подвески.

У славян янтарь был популярен и в более поздние времена. На Руси существовали ювелирные мастерские по обработке янтаря (обнаружены в г. Белоозеро). Известно, что Белоозеро поддерживало связи с Новгородом, где тоже существовали такие мастерские. При раскопках в городище Демидовка (Верхнее Поднепровье) были обнаружены шаровидные янтарные бусы и пронизи. В могильниках волынян были найдены янтарные бусы, аналогичные по форме демидовским, а также призматические и плоские. В степных курганных могильниках Новогригорьевки были обнаружены редкие янтарные вставки, которыми украшали одежду, обувь, оружие. На Крымском полуострове (г. Керчь)

была раскопана могила богатого воина, одежда и оружие которого были богато украшены золотом, драгоценными камнями и янтарем. В тюркском могильнике Кудырге найдена одна овальная бусина с неровными краями, переходящими одна в другую. Янтарные бусы представляют, по видимому, западный импорт.

В эпоху средневековья вновь резко возросла добыча янтаря на Балтике. Многие племена (финно-угры и балты) изготавливали из янтаря украшения, янтарь служил предметом экспорта. Эсты носили ожерелья из янтарных бус. Ливы также носили украшения из янтаря. Торговые связи у ливов развиты не были, тем не менее были найдены импортные янтарные бусы с Ближнего Востока. Из украшений ливов широко представлены янтарные подвески. В женских погребениях жемайтов были обнаружены своеобразные ожерелья, булавки, бусы. В погребениях аукштайтов были найдены черепа коней, украшенные янтарем: янтарные бусы в виде двойного конуса со срезанными вершинами, очень часто в верхней части черепа находилось по одной янтарной бусине.

Погребения некоторых западнобалтийских племен VI–VIII вв., например пруссов, сопровождаются находками янтаря, правда находки янтарных бус единичны. Пока трудно сказать, насколько широко была развита тогда торговля янтарем. Владея крупнейшим месторождением янтаря, предки пруссов добывали его и в первой половине I тыс. н.э., широко экспортировали, по сведениям Тацита, в необработанном виде. Добыча янтаря продолжалась и в эпоху средневековья, о чем говорят находки янтаря в погребениях пруссов и на городище Грачевка, где обнаружено 300 кусков необработанного янтаря. В погребениях куршей были найдены миниатюрные глиняные горшочки, в которых нередко встречались необработанные куски янтаря. Предполагают, что они клались в могилы с чисто ритуальными целями. В женских захоронениях скалвов также были найдены ожерелья из янтарных бус. Почти ничего не известно об использовании янтаря в Европе в X и XI вв., однако с усилением влияния христианской церкви спрос на янтарь как материал для четок вновь стал постепенно увеличиваться.

Подавляющее большинство находок ископаемых смол и изделий из них в Беларуси также относятся к эпохе средневековья (преимущественно IX–XIII вв.). В средневековых городах Киевской Руси (автор пользуется общепринятой терминологией и не рассматривает вопрос о географических и временных рамках этого государственного образования), в состав которой в разное время входила большая часть современной территории Беларуси, археологи часто находят как необработанный янтарь, так и разнообразные янтарные изделия и заготовки. Нередки даже открытия ремесленных ювелирных мастерских, особенно в крупных

поселениях и городах. Техника ювелирного ремесла часто находилась на довольно высоком технологическом и художественном уровне. География распространения археологических находок янтаря и изделий из него охватывает различные регионы Беларуси. Находки такого рода известны на севере (Кривина, Витебск, Прудники, Полоцк) и юге (Пинск, Городище, Туров), в западных (Волковыск, Кульбачино, Новогрудок, Берестье, Баранцы, Бараны), центральных (Минск, Лоск, Клецк) и восточных (Никодимово, Стрелица) районах республики [11, 26].

В *Новое время* (XV–XIX вв.) отмечается расцвет использования янтаря. До конца XVI в. большая часть янтаря использовалась для изготовления четок и различных сосудов. Основными центрами по обработке янтаря были Брюгге и Любек. Сохранилось немного образцов этих ранних изделий, но при раскопках в районе замка Бейнард в Лондоне были найдены четки XIV века различных стадий обработки. Считается также, что янтарь обрабатывали и в Вейсмаре, но письменных источников, подтверждающих это, нет. Имеется очень мало сведений об обработке янтаря в XIV веке. В Брюгге и Любеке существовало два цеха изготовителей четок, но их работы практически не сохранились. В XV в. цех по обработке янтаря был основан в Данциге. Кроме вышеупомянутых четок и сосудов из янтаря изготавливались также и другие изделия – рельефы и фигурки на религиозные темы. Типичными изделиями этого периода являются статуэтки сидящей Мадонны из Люксембурга и две потирные чаши, возможно сделанные в Любеке или Брюгге.

В XVI в. торговля янтарем развивалась во всей Северной Европе, включая такие города, как Кенигсберг, Аугсбург, Бреслау, Любек, Антверпен и т.д. В этот период были основаны новые цеха – в Кослине и Кольберге в Померании и в Эльбинге, но на передний план выдвинулся город Кенигсберг, имевший богатые ювелирные традиции. Конкуренция Кенигсберга была так велика, что в середине 80-х гг. XVI века был создан Союз янтарных цехов, объединивший города Кольберг, Столп, Данциг и Эльбинг, с центром в Данциге. Примечательно, что в Кенигсберге в то время отсутствовал свой цех по обработке янтаря. С ростом влияния лютеранства в Северной Европе потенциальные возможности сбыта четок и других предметов религиозного культа снизились. Кенигсберг был лютеранским, и там впервые стали изготавливать предметы из янтаря не церковного назначения, главным образом сосуды с крышками.

В начале XVII в. Кенигсберг продолжал быть центром по обработке янтаря, причем главным образом здесь делали доски для игр и изделия для коллекций кунсткамер: бокалы, чаши, фляжки. Как обычно, имеется ряд выдающихся изделий данного периода, которые не подходят под общую классификацию. В Мюнхене в Баварском национальном музее находятся

резная фигурка нимфы и путти во фривольной позе. Это изделие радует глаз своей оригинальностью. То же самое можно сказать и о фигурке льва, припавшего к земле, находящейся в Лондоне в Музее Виктории и Альберта. К концу XVII в. относится любопытная коллекция панно на религиозную тему, где рельефы из янтаря были наклеены на деревянную или каменную основу. В Оружейной палате Кремля хранится янтарный посох патриарха Филарета, подаренный ему в 1632 г. герцогом Курляндским Иаковом, подсвечники, кубок царевича Иоанна.

Разбросанные по самым знаменитым музеям Старого и Нового света, искусные изделия из янтаря не перестают поражать воображение даже самых невозмутимых посетителей. Пожалуй, подлинный расцвет искусства обработки янтаря приходится на конец XVII – середины XVIII века. Значительная часть изделий этого периода: ларцы и канделябры, табакерки и чаши, рамы для зеркал, фигурки красавиц, возлежащие в морских раковинах, флаконы для благовоний, модели парусников, созданные в 1720-1760 гг. мастерами Копенгагена и Ольборга, – являются украшением датской королевской коллекции янтаря в Розенборгском замке. В XVII–XVIII вв. получила развитие скульптурная и рельефная янтарная пластика – небольшие камерные скульптуры на мифологические темы. В середине XVIII в. отмечается спад в использовании янтаря, вызванный изменением моды. Однако практически последнее произведение, созданное из этого материала, оказалось и самым знаменитым – это была целая комната из янтаря, которую провозгласили «восьмым чудом света».

Прусский король Фридрих I решил увековечить объединение немецких земель в единое государство созданием шедевра, равному которому не видел свет. За шесть лет датский художник-архитектор – крупнейший знаток янтаря Готфрид Вольфрам разработал проект Янтарной галереи для замка Шарлоттенбург под Берлином. В 1707 г. была закончена одна ее стена. Однако заказчик посчитал проект чересчур дорогим и продолжение работы поручил данцигским мастерам Эрнсту Шихту и Готфриду Туроу. Впоследствии идею замковой галереи свели к созданию относительно небольшого кабинета в Постдамском дворце. Законченный архитектором Шлотером и ювелиром Тюссо, кабинет был окончательно собран к 1713 г. Он был облицован янтарными панелями, которые сочетали полированные мозаики с резными рельефами и миниатюрными инкрустациями.

Будучи в Берлине, Петр I выразил восхищение янтарным кабинетом. И, когда сын Фридриха I Фридрих-Вильгельм I решил выразить признательность России, спасшей Пруссию от разгрома шведами, он в 1716 г. преподнес понравившуюся Петру I Янтарную комнату. Облицовку

стен в начале 1717 г. с воинскими почестями доставили в Петербург, где и пребывала она до 1755 г., когда Елизавета Петровна повелела перевезти янтарные панели в Царское Село. Там перестраивался Летний дворец. Здесь Янтарная комната обрела новую жизнь.

Она не единожды была переделана, дополнена многими заново изготовленными деталями. По сути дела, это была уже совершенно новая Янтарная комната – парадная зала, законченное произведение искусства. Площадь ее стен была увеличена в четыре раза. Проект Растрелли воплотили в жизнь три русских мастера: Иван Копылов, Василий Кириков и Иван Богачев. Не только стены – из янтаря были изящные вазы, ларцы, кубки, самовар. Янтарем была инкрустирована мебель. В центре залы помещался сказочный замок из янтаря. Как известно, дальнейшая судьба этого рукотворного шедевра связана с трагедией Второй мировой войны, в дыму и пламени которой надолго скрылись следы этого шедевра. Надо надеяться, что не навсегда [11, 26].

Таким образом, проследив пути янтаря на протяжении истории человеческого общества, можно сделать вполне определенный вывод, что янтарь – первый самоцвет, эстетически освоенный человеком, к тому же широко и постоянно употреблявшийся в качестве средства обмена и предмета торговли.

1.6 Приборные методы анализа ископаемых смол

При подготовке образцов для лабораторных исследований и проведении анализов должны применяться стандартные методические приемы, а при обобщении аналитических данных – традиционные для этой области минералогии способы обработки, представления и интерпретации результатов. В процессе сопоставления последних может осуществляться корректировка и отбраковка сомнительных цифр. Полученные результаты представляются графически или сводятся в таблицы. Методы, используемые для диагностики ископаемых смол, можно разделить на две категории: простые и сложные. К первой группе могут относиться приемы определения физических характеристик смол: формы, размеров, массы, цвета, прозрачности, блеска, излома и т.д. Для более подробного изучения свойств и точной идентификации янтаря применяется достаточно сложное оборудование. При этом учитывается, что ни один метод в отдельности не может считаться универсальным, а привлечение некоторых из них зависит от конкретной цели и особенностей исследуемого материала [27]. В целом в работе использованы следующие лабораторные методы диагностики ископаемых смол.

Дифференциальный термический анализ. Этот метод применяется для исследования воздействия тепла на смолы. Термическое исследование проводилось в ИГ Коми НЦ УО РАН (Сыктывкар) в 1996 году на дериватографе Q-1500 аналитиком Р.Н.Модяновой. Условия проведения эксперимента: максимальная температура нагрева печи – 1000 °С, скорость нагревания – 10 °С/мин, навески – 25,0 – 30,0 мг, ДТА – 500 MV, ДТГ – 500 MV, ТГ – 100 мг, Σп 100%, тигли платиновые. Реакции, выделяющие тепло (экзотермические), отражаются на графике в виде направленных вверх пиков, а поглощающие тепло (эндотермические) – в виде впадин. Более высокое содержание летучих компонентов в современных смолах в сравнении с ископаемыми выражается в виде увеличения глубины впадин в более низком температурном диапазоне.

Наблюдение ископаемых смол в температурном поле производилось на температурном столике под бинокулярным микроскопом МБС-2. Температура размягчения фиксировалась по сбою резкости микроскопа, т.е. вязкость падала до такой степени, что под действием постоянной нагрузки (кварцевого стекла, в 50 раз превышающего вес частицы) начинала развиваться высокопластичная деформация. Температура течения фиксировалась как температура, при которой проба переходила в жидкотекучее состояние. Эти температуры являются важнейшими показателями, характеризующими структурные особенности смол. Термические характеристики могут быть использованы для выявления различий между группами вязких и хрупких ископаемых смол, но эти результаты не позволяют диагностировать отдельные виды смол внутри названных групп, так как они не полностью подтверждаются инфракрасной спектроскопией.

Инфракрасная спектроскопия. Вещества любого типа (газы, жидкости или твердые тела) в определенной мере можно идентифицировать по их способности поглощать световую энергию инфракрасного излучения. Получающийся спектр поглощения позволяет произвести количественный анализ сложных соединений, определить примеси и установить атомную структуру молекул. Образцы ископаемых смол разного возраста или с разных месторождений обычно имеют характерные спектры. Хотя и имеются некоторые отклонения, но подавляющее большинство спектров сукцинита дают хорошо узнаваемую повторяющуюся картину [1, 12, 15]. Применимость метода инфракрасной спектроскопии при изучении ископаемых смол, найденных при археологических раскопках, некоторыми авторами [14] подвергается сомнению, однако трудно опровергнуть высокий процент успешных результатов [11, 28], подтвержденных большим количеством спектральных анализов. С.С.Савкевич [1, 29], считая, что сукцинит в Европе имеет

слишком широкое природное распространение, чтобы можно было четко определить его конкретную географическую принадлежность, признает, что там, где природные ареалы распространения ископаемых смол более узки, инфракрасная спектроскопия дает хорошие результаты.

Инфракрасные спектры поглощения образцов ископаемых смол получены в двух различных лабораториях независимо друг от друга на следующих приборах: ИК-спектрометре DS-710С (ИГ Коми НЦ УО РАН, Сыктывкар, аналитик Л.Л.Ширяева, 1993-1996) и Specord-75 (ФТИ НАНБ, Минск, аналитик Н.И.Макаревич, 1994-1995). В первом случае образцы готовились путем прессования 1,5 мг смолы с 800 мг оптически чистого KBr в обойме диаметром 20 мм в специальной пресс-форме под давлением с откачкой воздуха. Прибор имел смещение полос поглощения в сторону уменьшения частот. Во втором случае порошок янтаря в количестве 8 мг прессовался в таблетку с 800 мг оптически чистого KBr и, следовательно, концентрация анализируемого вещества была значительно выше (около 1%), чем в первом случае. Для устранения гигроскопичности среды применялся гексахлор-1,3-бутодиен. Все образцы были сняты в одном масштабе ($7,5 \text{ мм} / 100 \text{ см}^{-1}$) при одних и тех же условиях. Спектры были записаны в диапазоне $4000\text{-}400 \text{ см}^{-1}$, однако в работе они представлены в более узкой области – $2000\text{-}400 \text{ см}^{-1}$, в которой имеющиеся спектральные различия проявляются наиболее отчетливо.

Определение твердости и хрупкости (метод вдавливания твердого тела). Исследование твердости янтаря не рекомендуется проводить царапаньем, поскольку оно малоинформативно и разрушает материал. Твердость поверхности образца может варьировать в зависимости не только от его разновидности, но и условий, в которых он находился после извлечения из недр. Для количественного определения величины твердости применяется метод вдавливания, при котором минерал сопротивляется не разрушению царапаньем, а деформации при вдавливании твердого тела.

Исследования проводились в лабораториях ИМГРЭ РАН и ФТИ НАНБ в 1992 и 1997 годах (аналитики С.И.Лебедева и Л.Р.Дудецкая) с помощью микротвердометра ПМТ-3 и основаны на принципе статического вдавливания четырехгранной алмазной пирамиды с квадратным основанием и углом при вершине между противоположными гранями, равным 136° . Количественная характеристика твердости, полученная методом вдавливания на отдельном микроучастке поверхности янтаря, называется его микротвердостью и выражается в $\text{кг}/\text{мм}^2$. Хрупкость – это свойство минерала сопротивляться раздавливанию. Представления о хрупкости янтаря при изучении его микротвердости можно получить в результате

изучения трещин вокруг отпечатка, полученного при вдавливании алмазной пирамиды. Нагрузка, при которой возникает первая видимая трещина разрыва, называется числом хрупкости и выражается в граммах.

Рентгеновская дифракция. Метод позволяет точно установить кристаллическую структуру молекул, поскольку кристаллические решетки в то же время являются и дифракционными решетками. Промежутки между рядами атомов в решетках составляют несколько ангстрем, что соответствует длинам волн рентгеновских лучей. На основании полученных дифракционных рентгеновских картин можно рассчитать и составить трехмерные пространственные схемы твердой кристаллической решетки. Метод эффективен в первую очередь для современных и молодых ископаемых смол.

Рентгенографическое исследование ископаемых смол было проведено на базе кафедры физики в Гродненском государственном университете в 1992-1996 гг. Результаты его интерпретированы д.ф.-м.н. В.А.Лиопо. Сравнение проведено по параметрам радиального распределения атомной плотности (корреляционным функциям) и по рентгенометрическим характеристикам кристаллических включений. Использовался статистический метод оценки информативности набора изучаемых параметров и анализ ранжировки по индивидуальной информативности. Съемка рентгенограмм выполнена на фильтрованном $\text{CuK}\alpha$ -излучении, фактор PLG учитывался. Расчет корреляционной функции проведен по уравнению Цернике-Принса, пределы суммирования по S от 0,08 до 0,71 \AA^{-1} с шагом $\Delta S = 0,01$.

Спектрометрия и люминесцентный анализ. Метод спектрометрии заключается в определении числовых промежутков, которые характерны для тех или иных оттенков минерала. Изучение спектров поглощения ископаемых смол позволяет уточнить длины световых волн, обуславливающих ту или иную окраску. Спектрометрическое исследование ископаемых смол проводилось на базе лаборатории аналитической химии Брестского государственного университета им. А.С.Пушкина в 1997 году. С помощью спектрометра ЛЭТИ-2 были изучены спектры поглощения некоторых характерных зерен. Исследования велись в диапазоне длин волн от 340 нм до 1100 нм. Полученные приборные данные были приведены в единую соизмеримую систему в соответствии с формулой: $K_\lambda = (1/d)J$, в которой K_λ – коэффициент поглощения для данной длины волны, d – толщина янтарной пластинки (в мм) через которую пропускался свет, J – показания спектрометра для данной длины волны.

Люминесцентный анализ позволяет определить окраску и интенсивность свечения облученных ультрафиолетовым излучением

образцов ископаемых смол. Имеющиеся в литературе данные [14], характеризующие люминесценцию некоторых видов ископаемых смол, нуждаются в уточнении, так как практически ничем не отличаются от таковых, полученных для многих органических соединений. Подобные спектры не дают никакой информации об электронно-колебательных состояниях молекул и не могут являться характерными для ископаемых смол [16]. Исследование люминесценции ископаемых смол проводилось на базе геологической лаборатории Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина в 1997 году при помощи люминескопа ЛПК-1 при комнатной температуре.

Фото- и рентгенолюминесцентные исследования янтаря и изучение некоторых его оптических характеристик выполнены на базе лаборатории физических методов анализа в ВИМС (Москва) под руководством и наблюдением научных сотрудников В.А. Жуковой и И.Н. Руденковой в 1992 и 1997 гг. Целью исследований ставилось выявление разделительных признаков для предварительного обогащения янтаря.

Анализы проводились по следующей схеме:

- визуальный просмотр образцов под люминесцентным осветителем ОИ-18 со сменным светофильтром на пути возбуждающего потока ультрафиолетовых лучей на окулярах бинокулярной лупы, а также в нефильтрованном свете;
- изучение оптических характеристик (спектра отражения) на приборе Specord-M40;
- выявление спектральных фотолюминесцентных характеристик (возбуждение – лазер ЛТИ-505; регистрация – ФЭУ-100);
- изучение рентгенолюминесценции образцов янтаря (УРС-55, ФЭУ-100).

Электронная микроскопия. Метод исследования тонких особенностей текстуры ископаемых смол, в интервале размеров 10^4 – 10^8 см, который основан на применении электронного микроскопа [13, 30]. Как правило, анализируются свежие сколы янтаря, напыленные золотом для улучшения контрастности изображения. Метод позволяет изучить внутреннее строение зерен, определяющее их прозрачность, плотность и др. Тонкие особенности текстуры зерен ископаемых смол исследовались с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа JSM–35 в ИГГ НАН Беларуси в 1996-1998 годах.

Электронный парамагнитный резонанс. Метод основан на поглощении энергии радиочастотного излучения веществом, помещенным в сильное и однородное магнитное поле. Взаимодействие вещества с таким полем приводит к изменению величины напряженности этого поля в зависимости от магнитной восприимчивости изучаемого образца. Магнитная восприимчивость может быть положительной (парамагнитные

вещества) и отрицательной (диамагнитные вещества). Первый случай имеет место при наличии в молекулах вещества неспаренных электронов и составляет предмет исследования электронного парамагнитного резонанса. Спектры ЭПР получены на радиоспектрометре РЭ-1306 при комнатной температуре. В качестве эталона концентрации использовалсяДФПГ. Исследовались исходные и облученные в течение 9 часов рентгеновским излучением (трубка БСВ-2, M_0 , 55 кВ, 14 А) образцы ископаемых смол. Исследование проведено в ИГ Коми НЦ УО РАН (Сыктывкар) в 1996 году и результаты его были интерпретированы д.г.-м.н. В.П.Лютковым.

Плотность образцов ископаемых смол определялась методом непосредственного измерения объема и массы (аналитик В.Ф.Недобоева, ИМГРЭ РАН, 1992).

Элементный химический анализ. Совокупность методов, применяемых для количественного определения или качественного обнаружения элементов, входящих в состав органических соединений. Элементный анализ состоит из двух стадий: разложения органического вещества, сопровождающегося выделением определяемого элемента в виде его неорганического соединения, и количественного или качественного определения элемента методами неорганического анализа. Образцы ископаемых смол анализировались в лаборатории микроанализа ИФОХ НАНБ (аналитики М.В.Капсарова и Л.Г.Новикова, 1991-1998).

Исследование химического элементного состава ископаемых смол методом микроанализа осуществлялось в навеске от 2,0 до 10,0 мг, что позволяло в большинстве случаев исследовать отдельные зерна, а не усредненную пробу. Для каждого образца независимо анализировалось две навески. К отрицательным чертам метода можно отнести его недостаточную чувствительность к азоту и сере. Из-за малой величины навески и точности микровесов ошибка анализа для этих элементов составляла $\pm 0,5\%$, т.е. в ряде случаев лежала в пределах их содержаний. Содержание кислорода, как правило, вычислялось по разности элементов (в том случае, когда азот не определялся, это число, строго говоря, являлось суммой кислорода и азота). В некоторых случаях независимо друг от друга проанализированы неокисленные внутренние части янтарных зерен и снятая с них корочка окисления.

Эмиссионная спектрометрия. При исследовании методом эмиссионной спектрометрии (аналитик А.Д.Народецкая, ИФОХ НАНБ, 1992) образец ископаемой смолы испаряется при высокой температуре, и возбужденные этой энергией атомы или молекулы можно идентифицировать по длине волны света, который они испускают. Установив, какие элементы присутствуют в проанализированных образцах, можно попытаться определить различия между смолами разных

месторождений. Однако имеются две основные особенности применения этого метода. Во-первых, каждый образец имеет конкретные характеристики, обусловленные непосредственно окружающей средой, и в опубликованных справочных данных отмечаются очень большие пределы изменений этих характеристик. Во-вторых, материал для исследований приходится брать из внутренней части исследуемых зерен, чтобы исключить поверхностное загрязнение, что не всегда возможно (например, при изучении археологических находок ископаемых смол).

2 Генетические типы месторождений ископаемых смол

2.1 Первичные биогенно-осадочные месторождения

Первичные месторождения смол обычно имеют небольшое практическое значение. Они встречаются в ископаемых почвах «янтарных» лесов, представляющих собой континентальные песчано-глинистые образования с растительными остатками и торфяниками. Эти отложения в той или иной степени изменены и могут быть превращены в песчаники, алевроиты и аргиллиты с прослоями лигнитов и бурых углей.

Необходимо отметить, что первичное залегание ископаемых смол в песчано-глинистых отложениях не всегда очевидно, и ряд месторождений отнесен к типу первичных условно [31]. В лигнитах и бурых углях мела и палеогена и неогена встречаются хрупкие смолы семейства ретинитов. В песчаных отложениях мела и палеогена с линзами углей встречаются ископаемые смолы, пригодные для ювелирной промышленности (таблица 2.1). Для первичных месторождений ископаемых смол характерно обычно неравномерное распределение и низкое содержание полезного компонента в виде мелких обломков (таблица 2.2).

Первичные месторождения, относящиеся к классу биогенно-осадочных, пользуются преимущественным развитием на севере Сибири и Дальнем Востоке. Для севера Сибири характерна приуроченность скоплений смол к угольным месторождениям мезозоя, где они встречаются в линзах и пластах угля, залегающих среди песков и песчаников. В этой провинции наибольшее количество ископаемых смол было обнаружено в угленосных отложениях Хатангской впадины. На значительное распространение находок ископаемых смол в арктических областях указывает Н.П.Юшкин [13], причем основными районами, по его данным, являются Печерско-Беломорский, Восточно-Уральский, Карский, Индигирский и Пенжинско-Анадырский.

Как отмечает Т.Н.Соколова [16], изученные ей ископаемые смолы из меловых отложений правобережья рек Хеты и Хатанги представлены двумя разновидностями, отличными по внешним признакам, физико-механическим показателям и спектрам поглощения света. По этому показателю одна из смол близка к геданиту, а другая не имеет аналогов среди ископаемых смол. На Дальнем Востоке ископаемые смолы связаны преимущественно с палеогеновыми угленосными отложениями. В Приморском крае ископаемая смола встречается в отложениях угловской палеогеновой угленосной свиты в виде мелких включений (8-15 мм). Смола хрупкая, принадлежит в основном к группе ретинита [14]. Часто встречаются ископаемые смолы в угленосных отложениях на Сахалине.

Таблица 2.1 – Характеристика поделочных ископаемых смол, по Н.А.Орлову, В.А.Успенскому [2] и С.С.Савкевичу [1] с дополнениями автора

Вид	Средний химический состав, %				Цвет	Плотность, г/см ³	Твердость по Моосу	Т плавления, С ⁰	Содержание янтарной кислоты, %	Примеры месторождений и проявлений
	С	Н	О	S						
Сукцинит	78,75	10,25	10,50	0,25	Желтый, белый	1,01-1,10	2,0-2,5	325-375	3-8	Прибалтика, Беларусь, Украина
Румэнит	81,64	9,65	7,56	1,15	Красный, буро-красный, коричневый	1,03-1,12	2,5-3,0	350-375	1-5	Румыния
Бирмит	80,05	11,50	8,43	0,02	Темно-красный, коричневый	1,03-1,09	2,5-3,0	340-350	следы	Мьянма
Симетит	69,48	9,24	20,76	0,52	Желтоватый, вишневый	1,05-1,07	2,0-2,5	350-370	следы	Сицилия
Цедарит	78,50	9,93	11,25	0,32	Медово-желтый, оранжевый	1,05-1,08	2,0-2,5	340-350	нет	Канада

Таблица 2.2 – Генетические типы месторождений и проявлений ископаемых смол, по Е.Я.Киевленко, Н.Н.Сенкевичу [31] и В.С.Трофимову [14] с дополнениями автора

Тип месторождений	Вмещающие породы	Характеристика продуктивных залежей	Тип скоплений ископаемых смол	Характеристика ископаемых смол	Значение	География проявлений
Первичные месторождения в ископаемых почвах «янтарных» лесов	Пески, песчанистые глины с растительными остатками	Пласты и линзы от 100 до 1500 м и более по простиранию и мощностью от 1,5 до 20 м с обогащенными янтарем прослоями мощностью от 0,3 до 1,5 м	Неравномерные вкрапления и отдельные гнездообразные скопления зерен, реже желваков	В четвертичных отложениях – копалы, в палеоген-неогеновых глауконитовых глинисто-песчаных породах – вязкие смолы, в лигнитах и бурых углях – хрупкие смолы	Главным образом как источник для образования вторичных месторождений	Сибирь и Дальний Восток
Вторичные месторождения (россыпи): 1. Современные россыпи: Аллювиальные Морских пляжей	Галечники, пески, песчано-гравийные смеси	Скопления и отдельные зерна янтаря в прибрежно-морских и прибрежно-речных отложениях	Рассеянные зерна и скопления	Более или менее окатанные зерна и желваки, состав зависит от коренного источника	Небольшое, возможны периодические сборы	Побережье Балтийского моря (Польша, Россия, Литва, Латвия)
2. Древние погребенные россыпи: Морские лагунно-дельтовые Озерно-ледниковые и озерные	Глинисто-известковые пески, алевриты с глауконитом, песчаники Глинистые пески с углем, валунные глины	Пластообразные и линзообразные залежи, содержащие скопления янтаря Пластообразные залежи, содержащие скопления янтаря	Скопления желваков и зерен Скопления желваков и зерен	Неокатанные и слабо окатанные желваки и зерна Неокатанные и слабо окатанные желваки и зерна	Большое: обладают значительными запасами и являются главным источником получения янтаря Небольшое: запасы меньше, но являются источником янтаря	Пальменикенское месторождение (Калининград), Беларусь, Украина Германия, Польша, Беларусь

2.2 Вторичные россыпные месторождения

Известные вторичные месторождения ископаемых смол развиты главным образом в Прибалтике, Беларуси, Украине. К классу россыпных месторождений относится большое количество проявлений ископаемых смол, образовавшихся за счет размыва первичных месторождений и переотложения смол. Вторичные месторождения образуются в различных геологических условиях [31]. Некоторые из них формируются недалеко от коренного месторождения (делювиальные и пролювиальные россыпи). В других случаях янтарь переносился до нового погребения на значительные расстояния или даже подвергался неоднократному переносу и переотложению (аллювиальные, морские, озерно-ледниковые месторождения). Среди россыпных месторождений выделяются два геолого-промышленных типа – современные россыпи и древние погребенные россыпи.

Среди скоплений янтаря, относящихся к типу *современных россыпей*, некоторое промышленное значение имеют два подтипа – аллювиальные россыпи и россыпи морских пляжей. Промышленное значение их невелико, так как сбор ископаемой смолы может производиться только периодически, после размыва коренных месторождений, вызванного морским штормом или паводком рек, и выноса янтаря на дневную поверхность. Пролувиальные, делювиальные и другие разновидности современных россыпей обычно серьезного промышленного значения не имеют.

Аллювиальные россыпи в связи с низкой плотностью ископаемых смол редко образуют значительные скопления в отложениях текучих вод, и могут образовываться только в специфических условиях: в речных древесных завалах; на дне рек, содержащих скопления обломков стволов и веток деревьев, крупных валунов и гальки, что способствует возникновению турбулентных движений воды и последующему оседанию взвешенных в воде смол; на низких заболоченных берегах, покрытых мелкой кустарниковой растительностью, заливаемой при разливе рек, во время которого приносимые водой смолы задерживаются ветками кустарника. В аллювии современных рек янтарь, вымываемый из коренных или переотложенных месторождений, известен во многих районах. На Украине янтарь встречается в современной аллювии по берегам р. Днепр, вблизи Каховки и Борислава (Херсонская область), в районе Кременчуга (Полтавская область), а также руслах других рек (Хорол, Самара). Скопления янтаря небольшие и серьезного промышленного значения не имеют [15].

Россыпи морских пляжей образуются при размыве (во время штормов) янтарных месторождений, расположенных ниже уровня моря, или при размыве реками во время половодья первичных и вторичных янтарных месторождений, расположенных в их бассейне, с последующим переносом продуктов размыва на морское побережье. Янтарь, приносимый на берег, попадая в среду действия морских волн, приливов и отливов, разносился течениями вдоль берега и частично выбрасывался на берег, образуя пляжевые россыпи. Современные пляжевые россыпи широко распространены по берегам многих морских бассейнов и известны на берегах Средиземного (о. Сицилия), Черного (дельта Дуная), Балтийского (Калининградская область России, Литва, Латвия, Польша, Дания, Германия) и дальневосточных (о. Сахалин, Камчатка, Алеутские о-ва, Аляска) морей. Скопления янтаря в пляжевых морских россыпях могут достигать значительных размеров [14].

Среди месторождений, относящихся к типу *древних погребенных россыпей*, выделяются два подтипа – морские лагунно-дельтовые россыпи и озерно-ледниковые россыпи. Наибольшее промышленное значение имеют древние *морские лагунно-дельтовые россыпи*, содержащие иногда крупные запасы янтаря, исчисляемые сотнями тысяч тонн. Морские лагунно-дельтовые россыпи пользуются широким распространением в пределах прибалтийских стран. Переотложение вымытого из первичных месторождений янтаря происходило в морском заливе или в дельте крупной реки, впадавшей в залив. Такие месторождения распространены на территории Балтийско-Днепровской провинции.

Наиболее крупные месторождения янтаря сосредоточены в Калининградской области России в 40 км к северо-западу от Калининграда. Общая площадь распространения янтареносных отложений здесь достигает 300 км². В пределах этой площади расположено относящееся к первому подтипу крупнейшее в мире Пальменикенское месторождение янтаря, граница которого на севере уходит под уровень Балтийского моря [3]. Суммарные запасы янтаря-сырца на месторождении определяются сотнями тысяч тонн. Месторождение приурочено к палеогеновым отложениям, наиболее древними из которых являются породы самбийской свиты нижнего эоцена. На эту свиту с угловым несогласием налегает алкская свита эоцена, трансгрессивно перекрываемая прусской свитой верхнего эоцена – нижнего олигоцена, к которой и приурочен продуктивный янтареносный пласт «голубой земли». На палеогеновые отложения с размывом налегает буроугольная формация миоцена мощностью до 37 м. На ней, также с размывом, лежат ледниковые образования, мощность которых обычно не превышает 25 м.

Источником поступления янтаря в палеогеновые отложения Самбийского полуострова являлись коренные месторождения, расположенные главным образом на территории современной южной Швеции и на дне Балтийского моря. На территории от Швеции, через Германию, Польшу, Украину и почти до Черного моря существовал пролив. В районе Самбийского полуострова в этот пролив впадали многочисленные реки, бравшие начало на Скандинавском полуострове. Эти реки интенсивно размывали и сносили в мелководные заливы и куски янтаря, отлагавшиеся в наиболее спокойных участках, образуя лагунно-дельтовые и шельфовые россыпи. Образование на Самбийском полуострове крупнейших в мире россыпей высокосортного янтаря было обусловлено сочетанием исключительно благоприятных условий: интенсивным размывом коренных месторождений, переносом янтаря в море, отложением его в шельфовой зоне и быстрым захоронением песчано-глинистым материалом [3, 32].

Многочисленные погребенные морские россыпи янтаря, связанные с палеогеновыми отложениями, известны на северо-западных склонах Украинского щита в Ровенской области Украины (Клесовское месторождение), в Карпатах на территории Румынии и прилегающих частях Польши и Украины. Янтарь встречается в толще песчаников верхнего эоцена и олигоцена. На западе Украины и в Румынии янтарь встречен также и в миоценовых песчаниках. На Украине находки янтаря известны также в Львовской области, на северо-восточном склоне Северных Карпат. Здесь, у слияния рек Опор и Стрый янтарь приурочен к прослою песчаника верхнего эоцена, содержащего глауконит и растительные остатки. По своим свойствам эта ископаемая смола наиболее близка к румэнтиту и может представлять интерес для ювелирной промышленности [15].

Озерно-ледниковые россыпи известны в основном в Германии и Польше. Как указывалось выше, в этой провинции значительным распространением пользуются древние россыпи янтаря, образовавшиеся при размыве первичных месторождений и выведенные на земную поверхность. В четвертичный период ледники при своем движении на юг выпахивали янтаресодержащие породы и уносили их с собой. В дальнейшем эти россыпи размывались ледниковыми водами и сносились в ледниковые озера, где возникали иногда довольно значительные скопления янтаря. В следующую стадию оледенения двигавшиеся ледники сминали ранее образовавшиеся озерно-ледниковые россыпи и моренные глины в складки, иногда с образованием чешуйчатых надвигов. Месторождения этого подтипа имеют небольшое промышленное значение.

К подтипу озерно-ледниковых относится месторождение Штуббенфельд, расположенное в Германии на побережье Балтийского моря. Месторождение представляет россыпь янтаря в песках, образовавшуюся на дне ледникового озера и залегающую на моренных глинах. Россыпь приурочена к нижней части 40-метровой толщи песков и глин, смятой ледником. Наибольшая концентрация янтаря отмечена на глубине 8 м при максимальном содержании 0,3-0,5 кг на 1 м³ песков. В месторождении имеется несколько разновидностей янтаря, различных по цвету (желтый, цвета слоновой кости и красный). Мелкие месторождения янтаря подобного генезиса встречаются в Польше, где они иногда разрабатываются.

3 Геологическое строение месторождений ископаемых смол

При изучении закономерностей распространения ископаемых смол на земном шаре нетрудно заметить, что различные их минеральные виды приурочены в основном к территориям, характеризующимся определенными чертами геологической истории.

3.1 Балтийско-Днепровская янтареносная провинция

С.С.Савкевич [1] считает эту провинцию основным ареалом распространения янтаря. По его мнению, провинция охватывает территорию Дании, юг Швеции, север Германии, практически всю Польшу, Калининградскую область России, Литву, юг Латвии, юго-запад Беларуси и большую часть правобережной Украины. Вместе с тем следует отметить возможность выделения так называемой Балтийско-Черноморской провинции. Основанием для подобных предположений, по мнению И.А.Майдановича и Д.Е.Макаренко [17], а также Л.Ф.Ажгиревич [10], может служить янтареносность олигоцен-миоценовых отложений бассейнов рек Днестр, Прут, Дунай, Северский Донец, лимана Ялпуг. В пределах провинции можно выделить отдельные области, в которых сосредоточены точки основных находок смол.

3.1.1 Калининградская область России

Пальменикенское месторождение находится на берегу Балтийского моря в пределах Калининградской области России возле пос. Янтарный в 40 км к северо-западу от Калининграда. Первоначально янтарь на месторождении собирали на побережье и со дна моря, а систематическая разработка началась в XVII веке и велась с помощью карьерных и подземных работ. В настоящее время месторождение разрабатывается рядом крупных карьеров, в которых вскрыша производится мощными экскаваторами и гидромониторами. Продуктивный пласт разрабатывается при помощи ковшовых экскаваторов, добытая порода поступает для промывки и отбора янтаря на обогатительную фабрику. Месторождение состоит из нескольких участков.

Пляжевый участок Пальменикенского месторождения представляет собой пластовую погребенную россыпь в песчано-алевритисто-глинистых породах, залегающих на пляже Балтийского моря и под его дном. На морском берегу россыпь расположена ниже уровня моря. Пляжевый участок месторождения сложен породами палеогенового, неогенового и четвертичного возраста (рисунок 3.1).

Палеогеновые породы представлены отложениями прусской и губникенской свит. В прусской свите С.С. Савкевичем [1] выделяются следующие слои (снизу вверх): «дикая земля», «голубая земля», «пльвун», «белая стена». Губникенская свита состоит из слоя «зеленой стены». В основании разреза залегают отложения «дикой земли». Это зеленовато-серые до темно-зеленых глинистые, алевритистые и слюдистые пески, переходящие в алевритистые глины. Они содержат темно-серые, почти черные гладкие стяжения фосфоритов, гравий и мелкую (до 1 см) гальку кварца, стяжения пирита. В кровле «дикой земли» встречены глиняные стяжения с ядрами и отпечатками фауны и ходами животных, заполненными зеленовато-серым песком. Незначительные скопления янтаря находятся только в верхней части слоя. Мощность «дикой земли» непостоянна: максимальная (до 6 м) в центральной части участка, минимальная (до 3 м) в северном, западном и восточном направлениях. На северо-востоке и северо-западе мощность «дикой земли» вновь возрастает до 5 м. Микрофауна в отложениях «дикой земли» представлена фораминиферами, подтверждающими эоценовый возраст отложений.

«Голубая земля» залегает на отложениях «дикой земли». Подошва слоя четко отбивается по почти полному исчезновению в породе фосфоритов и увеличению содержания янтаря. Литологически «голубая земля» сходна с «дикой землей», отличается от нее лишь отсутствием фосфоритов и глиняных катунов, уменьшением содержания глинистой фракции и обилием янтаря (рисунок 3.2). В средних и верхних частях разреза «голубой земли» находятся прослой кварц-глауконитовых песков. Содержание кварца в «голубой земле» достигает 50%, глауконита – 30%, калиевого полевого шпата – 10%, глины – 10%. Среднее содержание янтаря варьирует от 1600 до 2400 г/м³. Мощность «голубой земли» колеблется от 1,2 до 10,2 м, чаще от 2,9 до 6,2 м; минимальная мощность отмечена в северо-западной части Пляжевого участка, максимальная – в юго-восточной. Зона наиболее высокого содержания янтаря совпадает с зоной минимальных мощностей «голубой земли». Наибольшие мощности «голубой земли» отмечены в понижениях подошвы этого слоя.

Вверх по разрезу «голубая земля» сменяется «пльвуном» – зеленовато-серыми тонкозернистыми кварц-глауконитовыми песками, содержащими в нижней части редкие маломощные (до 20 см) прослой «голубой земли». Различия между верхней частью разреза «голубой земли» и нижней частью «пльвуна» сводятся к неодинаковому содержанию в них мелких и средних фракций. По сравнению с залегающими ниже по разрезу отложениями породы «пльвуна» содержат меньше глинистого материала, благодаря чему они выделяются в разрезе своей светлой окраской.

Отложения «пльвуна» неравномерно распространены на месторождении. На участках, расположенных параллельно береговой линии, этих отложений нет. Наибольшие мощности «пльвуна» (до 5 м) отмечены во впадинах в подстилающих породах. Между мощностями «голубой земли» и «пльвуна» обнаружена обратная зависимость. По-видимому, это связано с тем, что значительная часть «пльвуна» на Пляжевом участке сформировалась в результате перемива мелеющим морем верхней части «голубой земли». «Пльвун» содержит мало янтаря. Средневзвешенное количество его на участке примерно 125 г/м^3 .

На отложениях «пльвуна» залегают глауконитово-кварцевые и слюдистые тонкослоистые алевроиты буроватого и серо-зеленого цвета, содержащие обугленные растительные остатки и редкие кусочки янтаря. Поверхность алевроитов покрыта белыми выцветами сульфатов железа, алюминия и калия, в связи с чем эти отложения носят название «белая стена»; средняя мощность отложений на месторождении составляет около 3 м. На отдельных участках залежи отложения «белой стены» постепенно сменяются слабоглинистыми мелкозернистыми зеленовато-серыми кварц-глауконитовыми песками, содержащими редкие куски янтаря размером до 15 см, многочисленны хорошо окатанная галька кварца до 5 см в сечении и небольшие желваки фосфоритов. На них залегают маломощный (около 0,6 м) слой глинистого темно-зеленого кварцево-глауконитового песка, венчающий разрез палеогена. По принятой терминологии этот слой носит название «зеленая стена». Отложения «белой стены» и «зеленой стены» развиты не повсеместно. На отдельных участках месторождения они совсем выпадают из разреза вследствие размыва их морем.

Неогеновые (миоценовые) отложения выделены условно в юго-восточной части Пляжевого участка. Они представлены темно-коричневыми до черных плотными тонкослоистыми и пластичными глинами. Мощность отложений около 3,6 м. Выше залегают отложения, которые по положению в разрезе и составу сопоставляются с сожско-поозерскими межморенными водно-ледниковыми отложениями и условно датируются позднеплейстоценовым возрастом. Они представлены серыми и коричневыми пластичными глинами иногда с заметной примесью песчанистого материала, серыми разнозернистыми кварцево-полевошпатовыми песками, содержащими включения гравия, галек и валунов; нередко наблюдаются их скопления в нижней части разреза. Мощность отложений иногда достигает 18 м.

Приморский участок Пальменикенского месторождения янтаря разрабатывается с 1977 года. В геологическом строении участка принимают участие породы мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Меловые отложения на месторождении были

встречены в двух скважинах, пройденных к западу от месторождения. По данным Б.И.Сребродольского [15], отложения представлены (снизу вверх) сенонскими мергелями, глауконитовыми песками с включениями прослоев известняка, мелоподобными мергелями, серой глиной с известковистыми стяжениями и глауконитовыми мергелями.

Палеогеновые (эоценово-олигоценовые) отложения залегают на размытой поверхности верхнесенонских мергелей следующим образом (снизу вверх): темно-серая, местами зеленовато-серая глина, плотная, слюдистая, в самых низах разреза сильно песчаная с гнездами тонкозернистого слюдистого песка и заметными (до 0,3 м) прослоями твердого зеленоватого песчаника. Вскрытая мощность глин 15,6 м, глубина залегания – 80,5-99,5 м. Выше по разрезу залегает светло-серый с голубоватым оттенком глауконитово-кварцевый песок, максимальной мощностью до 20 м, который сменяется темно- и серо-зеленой глиной, плотной, вязкой, местами известковистой, содержащей включения переотложенных фосфоритов размером 10x15x40 мм, гравийные зерна кварца, гнезда зеленовато-серого глауконитового песка мощностью 8,2 м.

Затем, последовательно сменяя друг друга, залегают отложения, называемые «дикая земля», «голубая земля», «пльвун», «белая стена» и «зеленая стена». «Дикая земля» – светло-зеленая глина (алеврит), местами серовато-зеленая, пластичная, вязкая с включениями фосфоритовых отложений различного размера. Мощность «дикой земли» 0,1-8,2 м. В «дикой земле» содержится около 2% янтаря от общего его количества на месторождении. «Голубая земля» – зеленовато-серая глауконитовая глина, слюдистая, сильно песчаная с прослоями светло-серого мелкозернистого песка мощностью до 2,65 м. В «голубой земле» находятся скопления янтаря и фосфоритовых желваков. Мощность глины достигает 17,4 м. Средняя ее мощность немного больше 7,5 м.

«Пльвун» – белый, серый и зеленовато-серый, кварцевый и глауконитово-кварцевый песок с зернами полевого шпата, чешуйками мусковита. В основании слоя встречаются прослойки «голубой земли» мощностью от 10 до 30 см; средняя мощность отложений – 8 м. «Белая стена» – зеленовато-серый до серого глауконитово-кварцевый песок, мелко- и среднезернистый. Мощность песка – 0,2-13,3 м; средняя мощность – 2,4 м. «Зеленая стена» – зеленовато-серый кварцево-глауконитовый песок, местами переходящий в разноезернистый, слабо сцементированный глинистым материалом песчаник. В основании слоя (на размытой кровле отложений «белой стены») отмечается прослой фосфоритов мощностью до 5 см.

Неогеновые (миоценовые) отложения на месторождении распространены незначительно. На отдельных участках они были

полностью уничтожены ледником или же сохранились только нижние их слои. Мощность миоценовых отложений колеблется от 0,3 до 37,0 м; средняя мощность – 18,1 м. Приведем их краткую характеристику (снизу вверх): темно-коричневая глина, в верхней части вязкая, плотная, сменяющаяся светло-серым кварцево-полевошпатовым песком, мелко- и среднезернистым, местами с прослоями светло-серых глин.

Четвертичные отложения залегают на размытой поверхности миоценовых песков или на олигоценых отложениях. Район месторождения в течение четвертичного периода неоднократно подвергался воздействию ледника, с этим связан чрезвычайно пестрый состав отложений. Мощность четвертичных отложений изменяется от 9,1 до 97,8 м; средняя – 34,0 м. Они представлены (снизу вверх) флювиогляциальными светло-серыми полевошпатово-кварцевыми разнозернистыми песками с галькой изверженных и осадочных пород, мощностью 0,6-36,2 м (средняя – 6,2 м); валунной глиной, в верхней части буровато- и коричневатой-серой, в нижней – темно-серой, содержащей много гравия, гальки и обломков кристаллических пород, мощностью 0,2-63,1 м (средняя – 20,0 м); полевошпатово-кварцевыми разнозернистыми песками с мелкой галькой и гравием, местами переходящими в темно-серый мелкозернистый песок, глинистый и слюдястый, мощностью 0,5-25,0 м (средняя – 2,9 м). Голоценовые отложения представлены буровато-коричневым торфом, встречающимся в небольшом количестве в некоторых впадинах, мощностью 0,2-4,8 м; средняя – 1,5 м.

На Приморском участке месторождения продуктивную толщу составляет слой «голубой земли». Так же как и на Пляжевом участке, наиболее богата янтарем нижняя треть слоя (считая сверху). Здесь отмечены два максимума янтареносности: в 0,5-0,7 и 1,4-1,6 м от подошвы «голубой земли». Среднее содержание янтаря 1000-1800 г/м³. На Пальмникенском месторождении встречаются несколько разновидностей ископаемых смол: сукцинит около 98%, геданит – около 2%, глессит – менее 1%, стантиенит, беккерит и кранцит встречаются очень редко. Все минеральные виды, встречающиеся на месторождении, кроме сукцинита, как правило, хрупкие и не представляют промышленной ценности.

Приуроченность максимальных концентраций янтаря к нижней части слоя «голубой земли» справедлива в основном лишь для Пальмникенского месторождения. К востоку и югу от них максимум янтареносности находится на разных глубинах, преимущественно в верхней или средней части слоя. На большей части залежей Калининградской области со средним содержанием янтаря 200 г/м³ максимум янтареносности приходится на верхнюю часть разреза. На некоторых площадях прослежено перемещение максимума янтареносности

от подошвы «голубой земли» к ее кровле в восточном направлении. На подводных склонах Калининградского полуострова также зафиксированы янтареносные отложения того же состава и возраста, что и на Приморском участке месторождения. По данным Б.И.Сребродольского [15], аналогичные породы вскрыты в районах гг. Светлогорска, Приморска, пос. Янтарный, Покровской бухты. Этот последний участок является наиболее перспективным. Янтареносная порода залегает здесь на площади 9 км² при средней мощности 7 м и среднем содержании янтаря 0,250 кг/м³.

3.1.2 Ровенская область Украины

Первыми серьезное внимание на янтарь Украины обратили геологи научно-исследовательского института земной коры Ленинградского государственного университета, изучившие в 1975 году под руководством А.И.Серебрицкого условия залегания янтаря, его распространение по площади и разрезу и выполнившие предварительную оценку района на янтарь [33]. В 1977 году геологическая партия под руководством В.И.Панченко [34] провела ревизионные работы в местах находок янтаря. Поисково-оценочными работами, выполненными в 1979-1980 гг., перспективные на янтарь палеогеновые отложения были обнаружены на площади более 60 км², окаймляющей в виде зоны с севера и запада поселок Клесов [17].

Клесовское месторождение, по данным И.А.Майдановича и Д.Е.Макаренко [17], находится в зоне обрамления выходов протерозойских кристаллических пород северо-западной части Украинского щита осадочными образованиями палеогена (рисунок 3.3). Вмещающими породами являются палеогеновые (олигоценые) пески и глины. Россыпь состоит из нескольких участков, два из которых вскрыты карьерами. Наиболее изученный участок Большой Пугач, по данным Б.И.Сребродольского [15], расположен в 1,4 км к северо-западу от пос. Клесов Ровенской области. Янтаресодержащий горизонт вскрыт западным бортом карьера на протяжении 700 м. Он залегает горизонтально на перемытой коре выветривания кристаллических пород и перекрывается белыми песками водно-ледникового происхождения. Породы продуктивного горизонта состоят из двух ярусов: нижнего и верхнего (рисунок 3.4).

Нижний ярус сложен харьковскими мелкозернистыми кварцевыми песками, содержащими различное количество гумусового материала и углефицированных растительных остатков. Низы яруса держат гальку пород фундамента и черных кремней. Содержание янтаря в породах достигает 50 г/м³.

Верхний ярус представлен отложениями полтавской серии, которые в отличие от нижележащих содержат значительное количество (60-75% общего объема) органических остатков, а также глинистого материала. Глины черные, сильно вязкие, содержат обильные растительные остатки. В сухом виде глины серые, плотные, с трудом размокают; местами дислоцированы, перемяты. Трещины смятия заполнены бурым среднезернистым кварцевым песком. Янтарь встречается в глинах и песках в виде различных по форме скатанных и угловатых кусков. Содержание его здесь значительно выше, чем в подстилающем слое (до 310 г/м^3). На площади, вскрытой западным бортом карьера и равной $0,14 \text{ км}^2$, содержится не менее 14 т янтаря.

Продуктивный горизонт состоит из двух песчаных слоев. Нижний слой представлен мелко- и среднезернистым кварцевым песком с прослоями и гнездами зеленовато-серого кварц-глауконитового песка. В нижней части слоя отмечены маломощные (2-3 см) прослойки черного гумусового вещества, иногда вмещающего кусочки янтаря. Выше по разрезу гумусовые остатки хаотически рассеяны в песках. В слое встречаются куски янтаря размером до 10 см. Выше по разрезу залегает слой мелко- и среднезернистого темно-серого кварцевого песка с прослоями светло-серого песка. Пески обогащены прослойками гумусового вещества мощностью 1-2 см. Расстояние между ними составляет 5-10 см. Мощность слоя колеблется от 0,5 до 1,6 м. Среди песков встречаются окатанные куски янтаря, размером до 5 см.

Верхний слой состоит из мелко- и среднезернистого серого песка, содержащего глинистые прослойки мощностью 1-2 см. Текстура глин пятнистая, беспорядочная. Светло-серые, серые и коричневатые участки глин сочетаются с темно-серыми, почти черными. Переходы между ними как постепенные, так и резкие. Местами глины содержат углефицированные растительные остатки. Мощность слоя колеблется от 0,5 до 1,0 м. Янтарь в песках встречается очень редко. Возраст янтаресодержащих отложений, установленный с помощью спорово-пыльцевого анализа, определен как олигоценый [17].

Распределение янтаря в месторождении (участок Большой Пугач) весьма неравномерное: оно колеблется от 15 до 310 г/м^3 . Среднее содержание янтаря в северной части участка выше (70 г/м^3), чем в южной его части (44 г/м^3), а среднее по участку составляет 60 г/м^3 . Основная масса янтаря сконцентрирована в низах разреза. Здесь обнаруживаются наиболее крупные куски янтаря, массой до 700 г. Вверх по разрезу содержание янтаря заметно убывает. Продуктивный слой перекрыт флювиогляциальными образованиями четвертичного возраста, представленными серыми мелкозернистыми песками с кривой слоистостью.

В четвертичных отложениях янтарь встречается редко. По-видимому, нахождение янтаря в четвертичных отложениях следует связывать с размывом палеогеновых янтаресодержащих пород. Продуктивный горизонт перекрыт почвенно-растительным слоем мощностью 10-20 см.

3.1.3 Брестская область Беларуси

Палеогеновые отложения Беларуси занимают особое положение среди потенциально янтареносных комплексов западной части Восточно-Европейской платформы. Входя в состав Балтийско-Днепровской провинции, территория юго-западной Беларуси расположена между площадями с доказанной янтареносностью на Самбийском полуострове и северо-западных склонах Украинского щита. В строении, составе и условиях образования палеогеновых отложений этих регионов отмечается много общих черт, что наряду с непосредственными находками янтаря в пределах Белорусского Полесья подчеркивает перспективность обнаружения здесь значительных его концентраций.

Основная масса находок янтаря в морских палеогеновых отложениях Беларуси приурочена к отложениям нижней части харьковской свиты, которые представлены песками алевритистыми, алевритами песчанистыми, глауконитово-кварцевыми, слюдистыми. Янтарь в кернах скважин встречается, как правило, в виде мелких обломков зерен размером не более 5,0 мм. Вполне возможно, что все они раздроблены при бурении. По результатам ревизионно-опробовательских работ в Беларуси выделены Западно-Белорусский, Полесский (наиболее перспективный) и Микашевичско-Житковичский янтареносные районы [10].

Единичные находки мелких зерен янтаря известны в отложениях неогенового возраста, образующих так называемую «буроугольную» формацию южных районов Беларуси. Янтарь обнаружен в преимущественно мелкозернистых кварцевых песках, содержащих мелкий растительный детрит и отдельные зерна выветрелого глауконита. Источником янтаря, по-видимому, служили денудировавшиеся по мере обнажения, подстилающие угленосную толщу янтареносные отложения. Значительных скоплений янтаря в неогеновой толще Беларуси ожидать не приходится.

В четвертичных отложениях Беларуси находки ископаемых смол известны преимущественно в юго-западных районах, тяготея в основном к задровым и озерно-аллювиальным равнинам Брестского Полесья и озерно-аллювиальным и аллювиальным равнинам Припятского Полесья. Изучение распределения находок ископаемых смол по разрезу показывает четкую приуроченность их к флювиогляциальным и озерно-аллювиальным

образованиям. Всего к настоящему времени в четвертичных отложениях юго-запада Беларуси отмечено около пятидесяти точек находок ископаемых смол (рисунок 3.5). Наиболее крупным и хорошо изученным проявлением ископаемых смол является Гатча-Осовское проявление, занимающее большую часть одноименного янтареносного района (рисунок 3.6), расположенного в Брестской области в междуречье левых притоков реки Мухавец – рек Осиповка и Тростяница, примерно в 12 км к юго-западу от Кобрина. Геологическое строение Гатча-Осовского проявления является типичным для большинства сколько-нибудь значительных скоплений янтаря в четвертичных отложениях юго-запада Беларуси, что и определяет необходимость его подробного рассмотрения [12, 35].

Территориально проявление Гатча-Осово совпадает с одноименным торфяным месторождением, состоящим, по существу, из двух самостоятельных участков (Гатча на севере и Осово на юге), которые соединены между собой узким перешейком. В геоморфологическом отношении территория находится в центральной части плоских, местами пологоволнистых зандровых и озерно-аллювиальных равнин Брестского Полесья с преобладающими абсолютными отметками 140-142 м. Отложения антропогенной системы, сплошным чехлом покрывающие описываемый район, генетически связаны в основном с древними материковыми оледенениями. В строении янтарепроявления Гатча-Осово принимают участие моренные и надморенные флювиогляциальные образования припятского времени, озерно-аллювиальные отложения поозерского времени и современные озерные, болотные, аллювиальные и эоловые комплексы (рисунок 3.7). Моренные образования припятского времени являются подстилающими для янтареносных песков и представлены серыми, зеленовато-серыми, голубовато-серыми грубыми супесями с включениями гравия, гальки и валунов изверженных и осадочных пород. В кровле супесей иногда отмечаются линзы грубых суглинков и опесчаненных глин мощностью до 2-3 м. Залегают моренные образования на глубинах от 0 до 9 м и более. В центральной части проявления они вскрыты поисковыми выработками на глубинах 0-6 м, в краевой юго-восточной части – 7-9 м, а в северной и юго-западной частях – глубже 9 м. Вскрытая мощность моренных образований редко превышает 1,5 м и лишь в отдельных случаях достигает 4 м.

Надморенные флювиогляциальные отложения развиты на всей площади янтарепроявления и представлены желтыми, буровато-желтыми, серыми, зеленовато-серыми, голубовато-серыми плохо отсортированными песками, кварц-глауконитового и кварц-полевошпатового состава, различной зернистости – от тонкозернистых до крупнозернистых, с гравием и галькой (до 10%) изверженных и осадочных пород.

В них отмечаются прослойки песчано-гравийно-галечного материала с содержанием гравия и гальки до 50 % и мощностью 0,5-3 м. Повсеместно в поисковых выработках и отвалах мелиоративных канав, где отмечаются выходы песков, наблюдаются крупная галька и валуны изверженных пород размером до 1 м. Иногда в песках встречаются мелкие линзы грубых моренных супесей мощностью 0,5-1 м. По всему разрезу песчаной толщи отмечаются обугленные древесные обломки, позвонки, зубы и кости мелких животных, раковины моллюсков, а также янтарь. На дневную поверхность флювиогляциальные отложения выходят на большей части янтарепроявления, мощность их зависит от положения кровли подстилающих моренных образований и не превышает обычно 9 м.

Янтарь встречается по всей мощности песчаных и песчано-гравийных отложений, но содержание его варьирует в очень широких пределах – от 1 до 100 г/м³, а иногда и более. Предположительно, высокие концентрации образуют линзовидные залежи, ориентированные на север – северо-восток, протяженностью 40-50 м и мощностью 0,5-4 м при ширине 20-30 м. Также не исключается гнездообразный характер отдельных скоплений. Наиболее значительные содержания янтаря приурочены к фракциям мелко- (0,10-0,25 мм) и среднезернистого (0,25-0,50 мм) песка и сопровождаются обилием крупных обугленных древесных обломков окатанной формы. Распределение скоплений янтаря по площади крайне неравномерное. В разрезе отложений наиболее высокие концентрации смол встречаются на глубине 3-6 м от кровли песков.

Озерно-аллювиальные отложения поозерского горизонта заполняют широкие понижения в кровле флювиогляциальных припятских образований. Сложены они серыми, реже желтовато-серыми однородными тонкозернистыми песками с остатками водорослей, травы и кустарников. В песках нередко отмечаются отдельные зерна мелкого гравия размером до 2-3 мм, а также янтарь. Площади распространения озерно-аллювиальных отложений хорошо выделяются по наличию в ландшафте густых зарослей растительности кустарникового типа. Вскрытая мощность этих отложений не превышает 4 м.

Современные озерные отложения не имеют широкого распространения и занимают небольшие площади на поверхности поозерских и припятских образований. Представлены они мергелями, сапропелями, тонкими супесями и суглинками, илистыми песками с прослоями торфа и травянистыми остатками. Мощность их 1,5 м. Современные болотные отложения – торф, который на большей части проявления отработан. Останцы торфяной залежи имеют мощность 0,4 м, иногда до 1 м. Современные аллювиальные пески мощностью до 0,5 м

приурочены к руслам мелиоративных каналов. На небольшой части территории развиты эоловые песчаные образования мощностью 1-2 м.

Анализируя геологическое строение Гатча-Осовского янтарепроявления, состав слагающих его отложений и особенности распределения в них янтаря, можно заключить, что янтареносными здесь являются пески и песчано-гравийные смеси верхней части днепровского ледникового комплекса припятского горизонта, залегающие на днепровской морене и покрытые поозерскими озерно-аллювиальными отложениями, также содержащими отдельные зерна янтаря, и голоценовыми отложениями различного генезиса.

В 1989-1991 годах ПО «Волынькварцсамоцветы» по заявке геологической лаборатории Брестского государственного университета им. А.С.Пушкина об открытии месторождения [36] и в 1993-1995 годах НИП «БелГЕО» [10] на янтарепроявлении были проведены поисково-оценочные работы, по результатам которых были подсчитаны прогнозные ресурсы янтаря, составившие по категориям $P_1+P_2+P_3$ свыше 327 т, в том числе по категории P_1 на площади 71,4 га в центральной части массива Гатча около 16,36 т. По площади проявление не оконтурено, работы по его оценке рассчитаны на несколько лет. Особенности распространения янтаря в плане и по разрезу толщи, его фактические концентрации (среднее содержание $34,1 \text{ г/м}^3$), чрезвычайно варьирующие даже на небольших (25-50 м) расстояниях, указывают на то, что дальнейшие поиски должны быть направлены на выявление мелких, трудно поддающихся оконтуриванию скоплений [35].

Проявление янтаря Каташи расположено в Кобринском районе Брестской области в 8 км южнее Кобрина. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 142 до 144 м. В геологическом строении этого участка до глубины 12 м принимают участие моренные и надморенные янтареносные флювиогляциальные образования припятского времени. Моренные образования днепровского ледникового комплекса припятского горизонта представлены суглинками, которые повсеместно залегают на глубинах от 8,1 до 12 м. Вскрытая мощность их не превышает 1,8 м. Надморенные флювиогляциальные желтые, желтовато-серые, серые, плохо отсортированные пески кварц-полевошпатового состава различной зернистости, с включениями гравия и гальки (менее 10%) изверженных и осадочных пород, развиты на всей площади проявления [37]. Находки янтаря отмечаются по всей толще песчаных отложений и приурочены главным образом к фракции мелкозернистого (0,10-0,25 мм) песка. Флювиогляциальные отложения повсеместно выходят на дневную поверхность. Вскрытая их мощность изменяется от 8,1 до 12 м.

Проявление янтаря Микашевичи расположено в Лунинецком районе Брестской области в 0,5 км западнее г.п. Микашевичи. Это самая восточная перспективная площадь в отложениях антропогенного возраста на изученной территории. В геоморфологическом отношении площадь приурочена к низменности Припятского Полесья, в пределах Микашевичско-Житковичского выступа кристаллического фундамента. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 129 до 131 м [38]. Находки янтаря отмечаются во флювиогляциальных и озерно-аллювиальных образованиях нерасчлененного комплекса березинско-припятского времени. Они представлены желтовато-серыми плохо отсортированными песками средне- и мелкозернистыми кварц-полевошпатового состава, залегающими на глубине 10-30 м, мощностью 5-20 м. Отложения комплекса подстилаются породами палеоген-неогенового возраста, а там, где последние размыты, – архейско-протерозойскими образованиями. Перекрываются озерно-аллювиальными поозерскими отложениями, залегающими обычно с поверхности, мощностью до 20 м.

3.2 Северо-Сибирская янтареносная провинция

Находки ископаемых смол в Сибири были известны давно. Местные жители широко использовали их в качестве различных поделок, для лечения больных, при погребальных обрядах. В XVIII веке сибирские смолы изучали С.П.Крашенинников, П.С.Паллас, И.И.Лепехин и др. Самая полная сводка находок ископаемых смол Сибири была составлена А.Ф.Миддендорфом в 1882 году [13]. За последние десятилетия количество находок смол в Сибири значительно возросло [16, 30, 39].

Северной границей Северо-Сибирской провинции являются Новосибирские острова, южной условно может считаться Транссибирская железная дорога, западной – архипелаг Новая Земля и хребет Пай-Хой, восточной – побережье Берингова моря. Для этой провинции характерна приуроченность находок ископаемых смол к угольным месторождениям преимущественно мелового возраста, чем и объясняется широкая распространенность их по побережью Северного Ледовитого океана.

Самым крупным янтареносным районом Северной Сибири является Карский район, включающий многочисленные проявления янтареподобных ископаемых смол побережья Карского моря от Пай-Хоя до Таймыра, а также скопления ископаемых смол на материковой части Таймырского полуострова в Хатангской впадине. Самая западная перспективная площадь этого района – проявления ископаемых смол Югорского полуострова. Ниже несколько более подробно рассматривается геологическое строение только самых перспективных участков провинции.

3.2.1 Югорский полуостров

В 1972 году Вайгачским отрядом Коми филиала АН СССР были обнаружены ископаемые смолы на берегах р. Песчаной. После проведенных в 1973 году под руководством Н.П.Юшкина [13, 30] исследований здесь удалось найти и изучить по одному из разрезов стратифицированную смолоносную залежь, находящуюся на левом берегу р. Песчаной, впадающей в Карское море, в 17,5 км выше ее устья и в 25 км к юго-востоку от пос. Амдерма. В этом районе обнажается песчано-галечниковая толща, вскрытой мощностью до 3,7 м, представляющая собой чередование песчаных и галечниковых линз, в некоторых горизонтах характеризующихся косой слоистостью. Встречаются линзы углистого материала, пересыпанного крупнозернистым песком. Разрез верхней части обнажения до глубины 3,7 м представлен на рисунке 3.8.

Смолоносная залежь мощностью 0,8 м залегает на глубине 1,2-2,0 м. Она представлена мелко- и среднезернистым песком серого цвета, переслаиваемым с многочисленными тонкими (5-10 мм) линзами торфоподобного растительного материала. Это листья, стебли и корни трав, стебли мха, семена растений, мелкие обломки древесины. Зерна смол приурочены именно к этим линзочкам, в которых они занимают около половины объема. Протяженность залежи не определена, горизонт прослежен только на 10 м. Средняя продуктивность смолоносной залежи около 2000 г/м³. Пески имеют кварц-полевошпатовый состав. Судя по минеральному составу тяжелой фракции, первичный источник песчаного материала не местный, а ближе к уральскому.

По данным спорово-пыльцевого анализа, смолоносные и вмещающие их отложения характеризуются очень сложным смешанным составом спор и пыльцы мезозойского и кайнозойского возраста при сравнительно невысоком их общем содержании. Если исходить из четвертичного комплекса спор и пыльцы, то самое позднее время произрастания древовидных сосны и ели приходится на термический максимум голоцена. Литологические особенности продуктивного горизонта, сильная перемешанность разновозрастных спор и пыльцы в ней свидетельствуют о дельтовом или прибрежно-пляжевом ее генезисе. Возраст отложений по имеющимся данным определить трудно, но очевидно, что это не очень древние отложения, скорее всего голоценовые.

В полевом сезоне 1989 года Арктическим отрядом Комплексной тематической экспедиции под руководством А.В.Метлицкого на проявлении «Песчаное» были проведены горные работы – 9 канав, расчисток и шурфов.

Вскрыты две линзы, обогащенные ископаемыми смолами, отобраны две объемные пробы (1 м³). Описание (снизу вверх) геологического разреза продуктивной толщи до глубины 6,6 м приводится ниже.

1. Песчано-гравийно-галечный слой многолетнемерзлых пород серого цвета; песок 60-80%, гравий 15-20%, галька – 3-5%; в кровле – ожелезненные, редкие обломки тонкостенной фауны. Мощность 0,2 м.

2. Песок серого цвета, тонкозернистый, кварцевый, слабглинистый, грубослоистый, с включениями редких углистых остатков. Мощность 0,4 м.

3. Песок серого цвета, крупнозернистый, неяснокослоистый, кварцевый с включением мелкого гравия и гальки различного класса окатанности, с окатанными обломками бурого угля. Мощность 0,2 м.

4. Песок светло-желтый, мелко- и среднезернистый, горизонтально и наклонно-слоистый, с содержанием гравия размером 3 см – 15-20% и с включениями редких окатанных обломков бурых углей размером до 5 см. Мощность 0,7 м.

5. Грубое переслаивание песков оранжевого и серого цвета и гравия. Пески крупно- и среднезернистые, полимиктовые, содержание гравия достигает 30-40%. Сильное ожелезнение характерно для всего слоя, в том числе для прослоев окатанных обломков бурого угля размером до 5-10 см и мощностью 15-20 см. Мощность всего слоя составляет 2,0 м.

6. Песок серого цвета, мелко- и среднезернистый с редкой галькой и мелкими обломками тонкостенной фауны. В кровле слоя линзы серого алеврита размерами от 3 до 15 см. Мощность 1,0 м.

7. Песок темно-серого цвета, тонкозернистый, кварцевый, слабглинистый. Мощность слоя 0,25 м.

8. Песок серого цвета, от тонкозернистого до мелкозернистого, кварцевый, с маломощными прослоями углистой крошки размером 1 см. Углистые прослои и песок содержат окатанные зерна и угловатые обломки ископаемых смол желтого, оранжевого и коричневого цвета размером до 4 см. Мощность 1,35 м.

9. Переслаивание песков кварцевых, слабглинистых желто-серого и светло-серого цвета, от мелкозернистых до крупнозернистых с хорошо окатанной, уплощенной галькой размером до 10 см и содержанием до 5%. Мощность слоя 0,5 м.

Проявление ископаемых смол «Песчаное» представляет собой линзы янтареносных песков, обогащенных углистым материалом в теле морских террас, фрагментарно прилегающих к коренным палеозойским породам на высотных отметках 70-120 м. Прогнозные запасы участка составляют 50 т по категории Р₃. Содержание смол достигает 5600 г/м³. Смолы, предположительно мелового возраста (по сравнению со смолами Хатанги

и Дальнего Востока), сопоставимы с янтареподобными смолами бегичевской и хетской свит Хатангской впадины.

3.2.2 Хатангская впадина

Наибольшее количество находок ископаемых смол в пределах Северо-Сибирской провинции было сделано в пределах Хатангской впадины [14, 16, 40], являющейся частью единого мезозойского прогиба, протягивающегося вдоль северного края Сибирской платформы. Северной границей впадины являются дислоцированные отложения Таймырской складчатой зоны, южной – северный борт Сибирской платформы, на западе она сливается с Усть-Енисейской впадиной, на востоке – с Лено-Анабарской впадиной. Фундамент Хатангской впадины сложен в основном палеозойскими породами. Впадина выполнена юрскими и нижнемеловыми, а на западе и верхнемеловыми отложениями. Мезозойские породы Хатангской впадины содержат мощные пласты углей и ископаемые смолы, отмеченные в отложениях огневской (апт-альб), бегичевской (альб-сеноман), ледяной (турон-коньяк) и хетской (коньяк-сантон) свит (рисунок 3.9).

Огневская свита завершает разрез нижнемеловой угленосной толщи. В южной части впадины она сложена песками, переслаивающимися с глинами и алевролитами, и содержит три угольных пласта мощностью до 6,6 м. По рекам Сабыде, Котую и Хатанге встречены углисто-кремнистые породы. В восточной и центральной частях впадины преобладают пески, глины и алевролиты с угольными пластами в основании и в верхней части свиты. Образования огневской свиты являются континентальными отложениями лагун и прибрежной аллювиальной равнины.

Бегичевская свита развита в основном вдоль р. Хатанги. По рекам Котую и Хатанге она сложена почти исключительно светлыми и пестроцветными песками с прослоями и линзами песчаников, реже глинами с обломками обугленной древесины и окатышами глин, часто образующих скопления. Свита залегает на размытой поверхности подстилающих пород, в неровностях которой были отложены глины, угли и углистые пески. В восточной и северной частях Хатангской впадины в бегичевской свите преобладают светло-серые и зеленовато-серые мелкозернистые пески с пропластками угля и конкрециями известковистых песчаников. Мощность бегичевской свиты по р. Хатанге 175 м, к востоку она убывает до 50-70 м. Образования свиты указывают на их принадлежность к отложениям водных потоков с довольно быстрым течением.

Отложения ледяной свиты протягиваются широкой полосой по правобережью р. Хеты от р. Ледяной до низовьев р. Котуя. Наиболее полный разрез отложений ледяной свиты известен по р. Ледяной, где она представлена глинисто-алевритовыми породами с прослоями конгломератов, сложенных галькой халцедона, карбонатизированными алевритами и сидеритами. В этих породах имеются скопления обугленной древесины. Общая мощность свиты около 200 м. На р. Маймечя в ее разрезе появляются прослойки песчаников и линзы бурых углей. Встречающаяся в отложениях свиты ископаемая древесина часто арагонитизирована, иногда содержит прожилки кальцита. В нижнем течении р. Хеты верхние горизонты свиты сложены темно-серыми глинисто-алевритовыми породами, переслаивающимися с серыми алевритами. Образование отложений ледяной свиты происходило в условиях лагунного режима территории.

Отложения хетской свиты распространены почти вдоль всей р. Хеты от устья р. Ледяной до слияния р. Хеты с р. Котуй и по нижнему течению правых притоков р. Хеты. Хетская свита сложена светлоокрашенными песками и алевритами с прослоями глинисто-алевритовых пород иногда ленточного строения. В песках и алевритах имеются пропластки растительного детрита, линзы бурого угля и скопления обугленной древесины. К началу образования хетской свиты в Хатангской впадине началось отложение песчано-алевритовой толщи частично в обмелевших лагунах, а частично на прибрежной аллювиальной равнине. По берегам рек в этот период росли богатые хвойные леса, состоящие преимущественно из представителей таксодиевых, кипарисовых и сосновых, которые, по-видимому, являлись источником ископаемых смол, весьма характерных для отложений хетской свиты [14].

Ископаемые смолы особенно часто встречаются в средней пачке бегичевской свиты, среди прослоев углистого материала мощностью 10 см в светло-серых косослоистых песках, а также в верхних горизонтах хетской свиты в линзах углистых песков мощностью до 40 см в мелкозернистых песках. Накопление ископаемых смол в Хатангской впадине закончилось, по-видимому, в верхнем сантоне.

3.3 Дальневосточная янтареносная провинция

Дальневосточная янтареносная провинция протягивается довольно широкой меридиональной полосой от бассейна реки Пенжины на севере до границы Китая на юге. В пределах этой провинции находки ископаемых смол известны во многих местах: на Камчатке, Сахалине, в Приморье. В отличие от Северо-Сибирской провинции месторождения ископаемых

смола здесь имеют не меловой, а преимущественно палеоген-неогеновый возраст [14]. Месторождения и проявления этой провинции изучены довольно слабо, и вполне вероятно, что их число в дальнейшем будет неуклонно расти [41].

3.3.1 Приморский край

В Приморье имеется большой угольный бассейн, угли которого связаны с угловской свитой верхов эоцена – низов олигоцена. Ископаемые смолы встречаются здесь в подстилающей угловскую свиту майтунской свите среднего эоцена мощностью 400 м. Майтунская свита среднего эоцена занимает площадь 150 км² в районе станций Шпатово и Смольяниново на участке Владивосток-Находка.

Нижняя подсвита угленосная и состоит из слабо сцементированных конгломератов мощностью 2-5 м. На них залегает 200-метровая толща аргиллитов, алевролитов с 18-20 пластами угля, мощностью по 1,0-2,5 м. В этой толще встречены споры и пыльца, указывающие на то, что в период образования нижней подсвиты существовали теплый климат и богатая растительность. Верхняя подсвита майтунской свиты также имеет мощность около 200 м и сложена монотонными темно-серыми аргиллитами, иногда сменяющимися алевролитами, в которых встречены угольная присыпка и отдельные зерна янтареподобных ископаемых смол (рисунок 3.10). Верхняя подсвита содержит обильные споры и пыльцу, которые указывают на эоценовый возраст. По условиям образования осадки майтунской свиты представляют собой глубоководные озерные отложения.

Угловская свита общей мощностью 400 м разделяется на четыре горизонта: базальный, нижний угленосный, непродуктивный и верхний угленосный. Базальный горизонт сложен песчаниками и галечниками мощностью 50 м. Три верхних горизонта общей мощностью 350 м сложены толщей аргиллитов, алевролитов, песков, песчаников с пластами бурых углей и углистых сланцев. По своему генезису это преимущественно озерно-болотные отложения, образовавшиеся на больших заболоченных приморских низменностях. Возникшие подобным образом отложения в дальнейшем подверглись процессам складкообразования, в результате чего образовалась серия буроугольных участков, являющихся частями крупного угольного бассейна. Спорово-пыльцевой комплекс, представленный спорами папоротников, пыльцой голосеменных и покрытосеменных, указывает на верхнеэоценовый – нижнеолигоценовый возраст угловской свиты.

В бурых углях этой свиты смолы встречаются в виде включений разнообразной формы размером до 8-15 мм. Эти включения нередко располагаются по поверхностям напластования углей. Особенно многочисленны включения ископаемых смол на контакте бурых углей с углистыми сланцами. Ископаемые смолы угловской свиты известны как уссурийский ретинит [14].

3.3.2 Камчатка и Сахалин

Наиболее северной находкой ископаемых смол в пределах Дальневосточной янтареносной провинции является проявление на реке Чайбухэ, которая впадает в Гижигинскую губу. В устье реки встречено большое количество расколотых кусков ископаемых смол вместе с обломками лигнитов, выходы которых известны в ряде мест по реке Чайбухэ и на морском побережье. Подобный характер имеют и находки смол на побережье мыса Тайгонос. На Камчатке ископаемые смолы известны в районе Пенжинской губы. Наибольшие их скопления встречены в устье реки Тигиль и далее к северу.

На Сахалине янтареподобные ископаемые смолы известны в нескольких районах, расположенных преимущественно в центральной части острова. На реке Оненая, находящейся между поселком Сирарака и устьем реки Найпу, ископаемые смолы обнаружены в пластах бурого угля неогенового возраста мощностью 2,4 м. В заливе Мордвинова находки ископаемых смол известны на восточном побережье, где они также приурочены к буроугольным отложениям [14]. На юго-восточном побережье острова морем ежегодно выбрасывается большое количество смол темно-коричневого цвета, источник которых нам неизвестен.

4 Физико-химическая характеристика ископаемых смол

4.1 Балтийско-Днепровская янтареносная провинция

4.1.1 Морфология. Размеры. Масса

Одним из интереснейших свойств янтаря и янтареподобных ископаемых смол является их морфология. Выделения смол, в зависимости от места их образования, имеют специфические, присущие каждой морфологической группе черты: форму, характер поверхности, структуру, размеры и т.д. Статистическая обработка данных по изучению морфологии кусков янтаря позволяет достаточно обоснованно судить о процессах смоловыделения у янтареносных хвойных и характере первичной смолы [3].

Все выделения ископаемых смол можно разделить на две основные группы: поверхностные и внутривольные. Строгой границы между этими группами нет. Поверхностные выделения, как правило, образованы смолой, вытекавшей из более или менее глубоких слоев дерева, а внутривольные большей частью образовались на месте выделения смолы. К поверхностным выделениям относятся сосульки, капли, натечные и натечно-скорлуповатые формы, комки неправильной формы. К внутривольным – смоляные «карманы», внутрикоровые и подкоровые скопления, формы заполнения щелей в дереве. Выделения ископаемых смол первой группы характеризуются разнообразием цвета и прозрачности, а также наличием включений органического происхождения. Выделения второй группы, как правило, исключительно прозрачны, имеют очень светлый желтый цвет, правильную форму и не содержат включений.

1. Сосульки и сосулькоподобные натёки имеют удлиненную, конусовидную, цилиндрическую, коническую или слегка сплюснутую форму и, как правило, состоят из многочисленных скорлупок, образовавшихся из отдельных порций живицы. В поперечном разрезе скорлупки почти никогда не расположены концентрически, так как смола обычно стекала по той или другой стороне сосульки, в зависимости от места истечения. Если смола стекала по отвесным ветвям или стволу, образовались натечные формы в виде пластинок. В таком случае с одной стороны натёка имеются отпечатки коры. Очень часто в основании сосулёк имеются следы прикрепления к веткам. Отдельные скорлупки соединены между собой очень слабо, легко отделяются друг от друга, реже встречаются отдельные сосульки с очень плотно соединенными скорлупками.

2. Капли ископаемых смол встречаются двух разновидностей: мелкие прозрачные капли, размер которых колеблется в пределах 2-16 мм в поперечнике, правильной формы, большей частью слегка сплюснутые при падении, и крупные капли непрозрачных разновидностей размером до 40 мм в поперечнике с признаками деформации, иногда с лопнувшей затвердевшей скорлупкой и излившимся содержанием, морщинистой поверхностью. Попадают растрескавшиеся капли белого цвета. Включения в каплях, как правило, отсутствуют. Форма и размеры капель обусловлены вязкостью истекавшей смолы, непосредственно зависевшей от содержания в ней летучих компонентов.

3. Натечные и натечно-скорлуповатые формы отличаются наиболее крупными размерами, а также наличием всей цветовой гаммы, присущей ископаемым смолам. В янтареносных отложениях куски подобного генезиса целыми встречаются редко, обычно они переломаны под прямым углом к длинной оси. Типичные формы натечков – овальные, в продольном разрезе толстые пластинки, в поперечном разрезе имеющие форму полумесяца. Поверхность, прилегавшая к стволу дерева, часто носит отпечатки коры. Внешняя поверхность крайне неровная. Структура натечков очень разнообразна: попадают пенистые, белые, прозрачные куски всегда массивного строения, без признаков скорлуповатости. Однако наиболее часто попадают куски, имеющие желто-белый цвет у поверхности, прилегающей к стволу, постепенно переходящий к прозрачному желтому у внешней поверхности куска. В этих формах часто встречаются включения коры и древесины, но насекомые, как правило, отсутствуют, или попадают только мелкие их фрагменты.

4. Комки неправильной формы представляют собой скопления смолы на почвенной подстилке «янтарного» леса. Они имеют очень шероховатую поверхность, внутри заполнены перепревшей древесной трухой, пропитанной смолой. Цвет выделений желтый, прозрачный или грязно-белый. Между частицами древесины встречаются крупные пузырьки газа (до 5 мм), образовавшиеся при гниении органического вещества.

5. Ископаемые смолы, заполняющие трещины в стволе дерева, также следует разделить на две группы: образовавшиеся в самой щели или заполнявшие ее сверху. Как правило, это продолговатые пластинки, в поперечном разрезе имеющие клиновидную форму, а по бокам – отпечатки волокон и годовичных колец древесины. Формы первой группы обычно образуются в мертвом дереве и представлены прозрачными бледно-желтыми разновидностями, иногда на поверхности имеющими скорлуповатое строение. Вторую группу чаще всего образуют желтые непрозрачные разновидности. В эту группу включаются и формы заполнения гнилых

трещин, сильно загрязненные древесной трухой. Включения в этих формах обычно не встречаются.

6. Межкоровые выделения образуют плоские, очень прозрачные светло-желтые пластинки, имеющие продолговатую форму и волнистые края. По их поверхностям имеются весьма отчетливые отпечатки пластинок сосновой коры, причем с одной стороны позитивные, с другой – негативные. Попадаются пластинки белого цвета, заполняющего отставшую кору сверху.

7. Подкоровые выделения имеют форму овальных выгнутых пластинок с отпечатками волокон камбия с обеих сторон. Иногда имеются отпечатки ходов личинок короедов. Характерной чертой этих форм является наличие косо расположенных волокон ткани камбия, идущих вдоль пластинки с одной ее стороны к другой, залитых смолой при отделении коры от ствола. Как и предыдущие формы, они очень прозрачны, светло-желтого цвета. Включения, кроме редко попадающихся личинок жуков-короедов, не встречаются.

8. Смоляные «карманы» очень похожи на подкоровые выделения смолы, однако имеют более правильную овальную форму, слегка выгнуты, а отпечатки на поверхности большей частью отсутствуют. Размеры колеблются от 50 до 150 мм в длину и 20-70 мм в ширину, при толщине в 10-20 мм. Смола очень прозрачная, светло-желтого цвета. Включения, как правило, отсутствуют.

По нашим данным подсчета 500 зерен, распределение выделений ископаемых смол, встречающихся на Пальмникенском месторождении, по описанным выше морфологическим разновидностям, следующее: сосульки и сосулькоподобные натеки – 14%; капли и каплевидные натеки – 6%; наствольные натечные и натечно-скорлуповатые формы – 45%; межкоровые выделения – 4%; подкоровые выделения – 12%; смоляные «карманы» – 4%. Таким образом, около 65% добываемого янтаря представлено поверхностными наствольными выделениями и 20% – внутривольными образованиями. Около 15% зерен не поддаются генетической интерпретации.

По этим же данным, величина кусков янтаря, встречающихся на Пальмникенском месторождении, изменяется от мельчайших зерен до довольно крупных образований. Размерная классификация янтаря представлена в таблице 4.1. Необходимо отметить, что в нашем распоряжении отсутствовали куски янтаря с массой выше 1000 г, в то время как подобные образцы для Прибалтики не редкость. Они хорошо изучены и могут в некоторых случаях достигать десятков сантиметров в длину при массе в несколько килограммов.

Таблица 4.1 – Размерная классификация янтаря Пальмникенского месторождения, данные автора

Янтарь	Размеры, мм	Число зерен	Содержание, %
Уникальный (масса более 500 г)	> 150 x 15	3	0,6
Поделочный первого класса	> 40 x 10	35	7,0
Поделочный второго класса	> 32 x 8	88	17,6
	> 23 x 8	86	17,2
Поделочный третьего класса	> 14 x 5	112	22,4
	> 8 x 5	104	20,8
Мелкий	< 8	72	14,4

По данным подсчета 500 зерен ископаемых смол Клесовского месторождения, мы можем распределить их по морфологическим разновидностям следующим образом: поверхностные наствольные выделения – 45%, в том числе сосульки и сосулькоподобные натеки – 8%; капли и каплевидные натеки – 4%; наствольные натечные и натечно-скорлуповатые формы – 33%; внутривольные образования – 15%, в том числе межкоровые выделения – 3%; подкоровые выделения – 10%; смоляные «карманы» – 2%. Не поддаются генетической интерпретации, ввиду их малых размеров, около 40% зерен. По нашим данным, величина кусков ископаемых смол, встречающихся на Клесовском месторождении, варьирует в широких пределах. Размерная классификация янтаря представлена в таблице 4.2. Отметим, что, как и в предыдущем случае, в нашем распоряжении отсутствовали куски янтаря с массой выше 1000 г, известные на данном месторождении. Так, по данным Б.И.Сребродольского [15], масса наибольшего из обнаруженных здесь образцов янтаря составляла 1440 г.

По данным подсчета 500 зерен белорусского янтаря из различных янтарепроявлений антропогенного возраста, на долю наствольных форм (сосулькоподобные, каплевидные, натечные и т.д.) приходится не более 15%. Внутривольные (межкоровые и подкоровые) формы выделений присущи примерно 6% описанных образцов. Подавляющее большинство зерен янтаря (около 80%) возникло в результате дробления более крупных кусков наствольных и внутривольных выделений либо их растворения.

Таблица 4.2 – Размерная классификация янтаря Клесовского месторождения, данные автора

Янтарь	Размеры, мм	Число зерен	Содержание, %
Уникальный (масса более 500 г)	> 150 x 15	1	0,2
Поделочный первого класса	> 40 x 10	34	6,8
Поделочный второго класса	> 32 x 8	66	13,2
	> 23 x 8	78	15,6
Поделочный третьего класса	> 14 x 5	81	16,2
	> 8 x 5	112	22,4
Мелкий	< 8	128	25,6

Более точная их идентификация невозможна ввиду небольших размеров и отсутствия на поверхности таких зерен каких-либо признаков, указывающих на происхождение янтаря. По внешнему виду их можно разделить лишь условно на угловатые и округлые. Первые заметно преобладают. Поверхность зерен может быть гладкой, но чаще несет на себе следы транспортировки в виде борозд, шрамов и углублений различной длины и глубины, а также различной мощности корочки окисления. Следует отметить, что процент относительно «молодых» сколов сравнительно невелик – 30%, и, следовательно, степень разрушения янтаря в процессе его переотложения может быть определена как средняя.

Размеры и масса кусков янтаря в исследованных проявлениях колеблются от мельчайших обломков до крупных образований. Самые крупные из известных в Беларуси кусков янтаря имеют следующие размеры: 200 x 100 x 56 мм, массой 557 г и 110 x 90 x 36 мм, массой 308 г, найденные, соответственно, на проявлениях Гатча-Осово и Каташи. Вариации соотношения размеров и массы средних и мелких зерен весьма разнообразны. Размерная классификация янтаря из четвертичных отложений Беларуси представлена в таблице 4.3.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что на территории Беларуси в отложениях антропогенного возраста преобладают (66%) зерна янтаря небольших размеров (менее 23 мм по наибольшему измерению).

Таблица 4.3 – Размерная классификация янтаря из четвертичных отложений Беларуси, данные автора

Янтарь	Размеры, мм	Число зерен	Содержание, %
Уникальный (масса более 500 г)	> 150 x 15	1	0,2
Поделочный первого класса	> 40 x 10	39	7,8
Поделочный второго класса	> 32 x 8	58	11,6
	> 23 x 8	72	14,4
Поделочный третьего класса	> 14 x 5	82	16,4
	> 8 x 5	88	17,6
Мелкий	< 8	160	32,0

Крупные образцы (свыше 40 мм в длину и не менее 10 мм в толщину) встречаются нечасто (8%), а к уникальным может быть отнесен лишь один из них, размеры и масса которого приведены выше. Тем не менее доля поделочного янтаря первого и второго классов составляет в сумме 33,8%, а всех трех поделочных классов – 67,8%. Следовательно, янтарь Беларуси по своей размерной характеристике в целом вполне пригоден для изготовления промышленной продукции разного рода.

Образцы необработанного янтаря из археологических памятников Беларуси характеризуются примерно теми же особенностями, что и большинство зерен небольших размеров описанных выше [38]. Генетическая морфологическая классификация их затруднена, преобладают зерна угловатой формы, размерами до 56 x 24 x 14 мм (Клецк), и массой до 15,7 г (Лоск).

4.1.2 Оптические свойства

Окраска ископаемых смол, в зависимости от факторов, ее обуславливающих, может быть первичной и вторичной. Наиболее распространенный желтый цвет янтаря, например, обусловлен в первую очередь наличием занимающих строго определенное положение в молекуле групп $C = O$. Важное значение имеют условия среды, сопутствовавшие процессам выделения и застывания на воздухе живицы, и, безусловно, состав и свойства последней. Вязкая живица, застывшая

постепенно, превращалась в однородный по цвету янтарь, жидкая – захватывала множество мельчайших пузырьков воздуха, которые рассеивают белый свет и изменяют окраску зерен. На цвет также влияли разного рода твердые включения, придающие смолам, как правило, темные оттенки. Вторичная окраска – это результат воздействия внешних процессов на уже сформировавшиеся смолы.

Цветовая гамма ископаемых смол Балтийско-Днепровской янтареносной провинции включает в себя буро-красные, красно-коричневые, желто-коричневые, светло-коричневые, желто-оранжевые, светло-желтые, медово-желтые, золотисто-желтые, лимонно-желтые, а также серо-белые и бело-матовые разности. Очень редко встречаются образцы голубоватого и зеленоватого цветов. Окисляясь, янтарь часто приобретает более интенсивную красно-бурую или желто-бурую окраску. Корочка окисления чаще всего бывает окрашена в более темные тона, чем неокисленная часть зерна. В целом цветовая гамма изученных разностей ископаемых смол может считаться богатой и разнообразной. Аналогичен по цвету и янтарь из археологических раскопок.

По данным спектрометрических исследований (таблица 4.4) нами были построены графики коэффициентов поглощения света для исследуемых разностей ископаемых смол, которые имеют почти одинаковый характер кривой (рисунок 4.1) со сходным положением пиков, склонов и ложа. Последнее располагается, как правило, в области значений, соответствующих желто-зеленому и красно-оранжевому участкам спектра. Пики соответствуют фиолетовой и синей части спектра. Следует обратить внимание на то, что степень прозрачности янтаря, равно как и интенсивность его окраски, получила отражение на построенных графиках. Так, степень поглощения света у слабопрозрачных и непрозрачных разностей выше, чем у прозрачных, что на графиках отображается изменением положения всей кривой на несколько пунктов вверх. Интенсивность окраски зерен отмечается на графиках большей высотой пиков.

Проведенные исследования показали, что цвет ископаемых смол обусловлен поглощением ими фиолетово-голубой части спектра (λ от 340 до 510 нм) и пропусканием световых волн в диапазоне λ от 510 до 760 нм и далее, которые и придают им различные хорошо известные оттенки желтого и красного цветов. Цвет черты определялся нами практически для каждого образца. Особых колебаний в цвете черты не обнаружено – она в основном светло-желтая.

Таблица 4.4 – Коэффициенты поглощения света ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, данные автора

λ_n	Образец 6 (Гатча)	Образец 7 (Каташи)	λ_n	Образец 6 (Гатча)	Образец 7 (Каташи)
340	0,8487	0,5698	640	0,1051	0,0808
350	0,8671	0,5824	650	0,1014	0,0754
360	0,8671	0,5824	660	0,1020	0,0770
370	0,8917	0,5866	670	0,1039	0,0773
380	0,8733	0,5656	680	0,1020	0,0758
390	0,8548	0,5111	690	0,1020	0,0758
400	0,8118	0,4567	700	0,1008	0,0758
410	0,6949	0,3896	710	0,0977	0,0708
420	0,5965	0,3310	720	0,0984	0,0716
430	0,4920	0,2773	730	0,0959	0,0720
440	0,4182	0,2430	740	0,0953	0,0703
450	0,3567	0,2131	750	0,0916	0,0682
460	0,3050	0,1885	760	0,0916	0,0674
470	0,2675	0,1696	770	0,0885	0,0632
480	0,2415	0,1529	780	0,0910	0,0666
490	0,2121	0,1483	790	0,0904	0,0624
500	0,1924	0,1307	800	0,0854	0,0624
510	0,1777	0,1231	825	0,0836	0,0615
520	0,1648	0,1152	850	0,0848	0,0599
530	0,1506	0,1081	875	0,0861	0,0611
540	0,1426	0,1018	900	0,0824	0,0611
550	0,1377	0,0930	925	0,0824	0,0615
560	0,1266	0,0896	950	0,0744	0,0687
570	0,1199	0,0913	975	0,0738	0,0599
580	0,1168	0,0846	1000	0,0762	0,0611
590	0,1143	0,0838	1025	0,0787	0,0611
600	0,1223	0,0879	1050	0,0768	0,0615
610	0,1137	0,0878	1075	0,0805	0,0687
620	0,1125	0,0875	1100	0,0756	0,0666
630	0,1027	0,0791			

Прозрачность ископаемых смол обусловлена количеством, размером и распределением в них пузырьков воздуха, наличием механических примесей других веществ, а также степенью выветривания зерна. По степени прозрачности могут быть выделены следующие разновидности ископаемых смол: прозрачные, лимонно-желтого или желто-коричневого цвета; дымчатые, слегка замутненные, желтого или темно-желтого цвета; бастардные, средней прозрачности, желтого цвета с темными оттенками; костяные, непрозрачные, желто-серого или желто-белого цвета; пенистые, непрозрачные, светлых оттенков желтого цвета. Как представляется, практически для удобства следует оперировать тремя категориями прозрачности янтаря: прозрачный янтарь, полупрозрачный янтарь (дымчатый и бастард) и непрозрачный янтарь (костяной и пенистый), поскольку среди выделенных разновидностей фиксируются многочисленные переходы.

Результаты авторских исследований тонких особенностей текстуры зерен ископаемых смол Прибалтики, Беларуси и Украины с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа представлены в таблице 4.5 и могут быть сведены к следующему:

1. Прозрачные разновидности янтаря характеризуются наличием небольшого количества отдельных мелких пустот, размером от 0,0001 до 0,0025 мм, и, как правило, отсутствием каких-либо иных включений (фото 4.1, 4.2). Форма пустот округлая, довольно правильная, границы контактов четкие, ясные. Иногда отмечаются незначительные редкие трещины, которые не препятствуют свободному прохождению светового потока.

2. Внутреннее строение полупрозрачных зерен (фото 4.3, 4.4) несколько сложнее: пустоты могут иметь большие размеры (от 0,0001 до 0,01 мм), группироваться в скопления неправильной формы или образовывать линейные прожилки. Форма пустот близка к эллипсоидальной, границы контактов чаще размыты. Иногда отмечаются небольшие иглоподобные и хлопьевидные включения, природа которых неясна. Последние, равно как и небольшие трещины, значительно усложняют прохождение света через образец.

3. Непрозрачные образцы янтаря характеризуются наиболее сложным внутренним строением (фото 4.5, 4.6): пустоты имеют большие размеры, число их очень велико, почти всегда они сгруппированы в скопления и прожилки, границы пустот размыты; выделяются включения хлопьевидной формы, природа которых остается неясной, и большое количество внутренних трещин. Сочетания всех этих элементов настолько сложны и разнообразны, что выделить характерные признаки или закономерности часто не представляется возможным.

Таблица 4.5 – Сравнительная характеристика текстурных особенностей ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, данные автора

Текстурные особенности	Разновидности ископаемых смол		
	Прозрачный	Полупрозрачный	Непрозрачный
Беларусь			
Размеры пустот, мм	0,0001-0,0025	0,0001-0,0100	0,0010-0,0250
Форма пустот	Округлая	Эллипсоидальная	Сложная
Границы контактов между слоями	Четкие, ясные	Размытые	Размытые
Включения	Отсутствуют	Иглоподобные	Хлопьевидные
Количество трещин, препятствующих прохождению света	Незначительное	Среднее	Большое
Прибалтика			
Размеры пустот, мм	0,0001-0,0025	0,0025-0,0125	0,0025-0,0400
Форма пустот	Округлая	Сферическая	Эллипсоидальная
Границы контактов между слоями	Четкие, ясные	Размытые	Размытые
Включения	Отсутствуют	Иглоподобные	Хлопьевидные
Количество трещин, препятствующих прохождению света	Незначительное	Среднее	Большое
Украина			
Размеры пустот, мм	0,00015-0,0030	0,0030-0,0500	0,0010-0,0500
Форма пустот	Округлая	Сферическая	Эллипсоидальная
Границы контактов между слоями	Четкие, ясные	Размытые	Размытые
Включения	Отсутствуют	Иглоподобные	Хлопьевидные
Количество трещин, препятствующих прохождению света	Незначительное	Среднее	Большое

Одно из наиболее заметных изменений прозрачности смол происходит в результате его выветривания (окисления). Процесс этот интенсивно протекает в условиях хорошего доступа к смолам кислорода и воды. При этом поверхность прозрачных кусков мутнеет и постепенно превращается в бурую корку, распространяющуюся в глубину на 1-2 мм. Небольшие прозрачные кусочки янтаря, окисляясь на всю толщину, становятся непрозрачными. Бурой корочкой окисления покрываются и костяные янтарные зерна. В отличие от прозрачных образцов они в ходе этого процесса теряют воздушные пузырьки и заметно просветляются.

Блеск ископаемых смол может быть стеклянный, жирный, восковой или матовый, в зависимости от характера поверхности, отражающей световые лучи. Отражение от зеркально гладкой поверхности способствует возникновению стеклянного блеска, характерного для прозрачных разновидностей. Свет, отраженный от шероховатой поверхности, становится рассеянным и обуславливает появление жирного блеска, который характерен для сильно выветрелых разновидностей.

Восковой блеск создается при отражении света от сравнительно грубой, неровной поверхности и присущ костяным разновидностям. Большое количество очень мелких пустот на поверхности скола способствует отражению света во всевозможных направлениях и создает эффект матового блеска, характерного для внутривольных разновидностей костяного янтаря серого цвета. Иногда разные стороны одного образца могут иметь неодинаковый блеск, что характерно также и для археологических находок ископаемых смол.

Исследование люминесценции ископаемых смол, распространенных в пределах Балтийско-Днепровской янтареносной провинции показало, что для подавляющего большинства прозрачных и значительной части полупрозрачных разновидностей характерно голубое либо светло-синее свечение разной степени интенсивности, оцениваемой визуально.

Для непрозрачных свечение либо не отмечалось, либо наблюдалось в виде слабого, чаще всего светло-кремового или бело-матового оттенков. Бело-матовое свечение также характерно для большей части зерен ископаемых смол, которые обнаружены при проведении археологических раскопок. Сведения о люминесценции наиболее характерных образцов приведены в таблице 4.6.

Проведенные исследования показали, что образцы, как правило, покрыты тонким слоем (т.н. «коркой») измененного вещества, отличающегося по своим люминесцентным свойствам от «ядра». Большая часть зерен в исходном состоянии имеет желтую люминесценцию (от слабой до яркой, неравномерной, отсутствует в темноокрашенных образцах).

Таблица 4.6 – Характеристика люминесценции ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, данные автора

Проявление	Цвет образца	Прозрачность	Люминесценция (свечение)	
			Корочка окисления	Свежий скол
Пальмникен	ярко-желтый	прозрачный	темно-желтое	светло-голубое
Пальмникен	темно-желтый	дымчатый	темно-коричневое	ярко-голубое
Пальмникен	желто-коричневый	бастард	бледно-желтое	бело-голубое
Пальмникен	темно-бурый	непрозрачный	отсутствует	отсутствует
Гатча-Осово	светло-желтый	прозрачный	желто-оранжевое	светло-голубое
Гатча-Осово	молочно-желтый	дымчатый	темно-голубое	бело-голубое
Гатча-Осово	желто-коричневый	бастард	темно-синее	бело-голубое
Гатча-Осово	светло-красный	непрозрачный	отсутствует	бледно-желтое
Клесово	светло-желтый	прозрачный	желто-оранжевое	светло-голубое
Клесово	красно-желтый	дымчатый	темно-синее	бело-голубое
Клесово	желто-коричневый	бастард	темно-синее	бело-голубое
Клесово	буро-желтый	непрозрачный	отсутствует	отсутствует

Свежий скол дает голубоватое или фиолетовое свечение, хотя чисто визуально «корка» и «ядро» могут и не отличаться по своей окраске. Применение сменных светофильтров усиления или уменьшения эффекта свечения не дало. В нефилтрованном свете ртутной лампы почти все исследуемые образцы имеют интенсивную желтую окраску как «корки», так и «ядра». Некоторые темноокрашенные разности на свежих сколах приобретают красноватые оттенки.

Спектрально-кинетические исследования фото-(лазеро)-люминесценции позволили сделать следующие выводы, свидетельствующие о наличии в спектрах всех образцов двух широких полос:

- «голубой» - $\lambda_{\max} = 435$ нм, полуширина 130 нм, $\tau \leq 100$ нс;
- «желтой» - $\lambda_{\max} = 560$ нм, полуширина 150 нм, $\tau \leq 100$ нс.

Суперпозиция этих двух полос и дает белесо-голубое свечение, наблюдаемое при лазерном возбуждении. Для «ядра» наиболее выражена «голубая» полоса. Для «корки» интенсивность «желтой» полосы равна или превосходит интенсивность «голубой». Спектры фото-(лазеро)-люминесценции образцов приведены на рисунке 4.2. Вероятно, чем свежее скол, тем больше соотношение λ «голубого» / λ «желтого». Следует также отметить длительное зеленоватое послесвечение (фосфоресценцию), особенно заметное при лазерном возбуждении. Оптические спектры (спектры отражения) не имеют выраженной структуры (рисунок 4.3), различие отмечается только в яркости окраски. Нет различия и в спектрах «корки» и «ядра». При рентгеновском облучении ископаемые смолы, как правило, не люминесцируют. Иногда, правда, фиксируется очень слабая широкая бесструктурная полоса с максимумом около 400 нм.

Показатель преломления неизменных разностей ископаемых смол Балтийско-Днепровской янтареносной провинции колеблется в небольших пределах (1,535-1,545). Никакой зависимости между показателями преломления и определенными разновидностями смол (светлые, темные и т.д.) не выявлено. У выветрелых разностей смол показатель преломления несколько выше (1,545-1,550).

4.1.3 Механические свойства

Твердость и хрупкость представляют собой те физические характеристики, которые позволяют определить принадлежность исследуемых образцов к классам вязких или хрупких смол, а также предсказать некоторые их утилитарные качества, например возможность обработки и, следовательно, использования в ювелирном деле. По шкале Мооса твердость янтаря лежит в пределах значений 2,0-2,5.

Результаты независимых определений микротвердости ископаемых смол Прибалтики, Беларуси и Украины оказались сопоставимы и приводятся в таблице 4.7. Как видно из приведенных данных, пределы колебаний микротвердости исследуемых разностей смол лежат в области от 20,45 до 32,05 кг/мм², а средние значения для различных зерен, например белорусского янтаря, колеблются в еще более узких границах – от 25,3 до 26,3 кг/мм². При этом значения твердости примерно одинаковы для прозрачных, полупрозрачных и непрозрачных зерен.

Хрупкость или пластичность исследуемых зерен связана со степенью их твердости, хотя эта зависимость далеко не всегда является прямой. Хрупкость определяется той нагрузкой, при которой на образце появляется первая видимая трещина разрыва. Число хрупкости практически всех неизменных разностей ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции составляет 200 г и более, т.е. они представляют собой вязкие смолы. Для образцов, в той или иной степени подвергшихся процессам окисления, эта величина колеблется от 150 до 200 г.

Излом характеризует поверхность разламывания образцов ископаемых смол и зависит в основном от их структурных особенностей. Различают следующие виды излома: ровный, неровный, раковистый, ступенчатый и занозистый. По характеру излома исследуемые смолы не обнаруживают заметных различий, однако, уменьшение прозрачности зерен способствует усложнению поверхности излома. В целом у прозрачных разностей излом неровный, реже раковистый.

Поверхность излома, как правило, редко бывает чистой, чаще она усложнена узорами, образованными сочетанием тонких прямых линий. Излом дымчатых и бастардных разностей неровный, часто раковистый, реже занозистый. Его поверхность покрыта узорами, образованными сочетанием прямых и зигзагообразных линий. В костяных образцах отмечаются все виды излома, иногда встречающиеся в пределах одного зерна. Характер узоров на плоскостях излома костяных разностей отличается наибольшей сложностью.

Трещиноватость на поверхности ископаемых смол во многом зависит от степени окисления зерна, хотя встречаются образцы, не обнаруживающие такой зависимости. Различают первичную и вторичную трещиноватость. Первичные трещины закладываются на ранних стадиях выделения смолы, а в процессе фоссилизации последней наследуются янтарем. Ориентировка таких трещин может быть самой разнообразной, поскольку зависит от воздействия внешних факторов на еще не застывшую живицу.

Таблица 4.7 – Характеристика микротвердости ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, кг/мм², данные автора

Проявление	Разновидность	Нагрузка, г		
		5	50	100
Пальмникен*	ярко-желтый, прозрачный	25,40	32,05	30,90
Пальмникен*	темно-желтый, дымчатый	24,56	29,17	28,11
Пальмникен*	желто-коричневый, бастард	22,38	27,23	26,91
Пальмникен*	темно-бурый, непрозрачный	23,50	28,25	27,30
Пальмникен**	светло-желтый, прозрачный	24,96	31,68	29,47
Пальмникен**	темно-желтый, дымчатый	23,64	30,74	27,48
Пальмникен**	желто-коричневый, костяной	20,45	25,85	24,45
Пальмникен**	буро-желтый, непрозрачный	21,39	26,45	25,96
Гатча-Осово*	желто-коричневый, бастард	22,20	30,40	28,20
Гатча-Осово*	светло-желтый, прозрачный	23,10	29,90	27,90
Гатча-Осово*	темно-желтый, непрозрачный	22,10	28,90	28,70
Гатча-Осово*	молочно-желтый, дымчатый	23,20	29,59	26,42
Гатча-Осово**	светло-красный, непрозрачный	23,40	29,34	27,63
Гатча-Осово**	темно-желтый, прозрачный	23,20	29,14	27,14
Гатча-Осово**	светло-желтый, прозрачный	23,50	29,33	27,19
Гатча-Осово**	светло-желтый, непрозрачный	22,90	28,06	25,12
Клесово*	светло-желтый, прозрачный	23,45	29,95	26,15
Клесово*	красно-желтый, дымчатый	23,46	27,49	24,87
Клесово*	желто-коричневый, бастард	24,15	28,80	26,70
Клесово*	буро-желтый, непрозрачный	22,40	27,61	24,07
Клесово**	темно-желтый, прозрачный	23,75	30,15	27,83
Клесово**	темно-желтый, бастард	22,65	29,58	25,10
Клесово**	светло-красный, бастард	24,11	29,42	27,65
Клесово**	желто-бурый, непрозрачный	21,58	26,62	23,67

Примечание: определения производились в ИМГРЭ РАН* и ФТИ НАНБ**.

Вторичная трещиноватость в янтаре появляется в результате выветривания (окисления), а также, возможно, под воздействием значительных напряжений, испытываемых всей толщиной янтареносных отложений. Линии вторичных трещин ограничиваются прямолинейными и волнообразными видами, создающими при пересечении сложный рисунок, напоминающий мозаику. Трещины могут быть полыми либо же заполненными рыхлыми песчано-глинистыми примесями, а в редких случаях – янтарем другого сорта, создавая так называемый эффект «залечивания». Просмотр и анализ растровых электронных микрофотографий неизменной поверхности и свежего скола зерен ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции свидетельствует о достаточно высокой степени их сохранности и отсутствии следов сильных деформаций (фото 4.7, 4.8).

Отдельность, т.е. способность раскалываться в определенных направлениях на сравнительно правильные кусочки, обусловлена внутренним строением ископаемых смол. Это свойство можно наблюдать только у натечных и натечно-скорлуповатых разновидностей, которые при ударе разделяются на отдельные пластинки, скорлупки и т.п. В образцах ископаемых смол других морфологических разновидностей подобное свойство нами отмечено не было.

4.1.4 Плотность

Плотность образцов ископаемых смол Балтийско-Днепровской янтареносной провинции (таблица 4.8) колеблется от 0,98 до 1,13 г/см³. Погружение образцов в дистиллированную воду показывает, что практически все они тонут, в то время как в соленой морской воде – всплывают. Таким образом, по этому показателю значимых различий между образцами не фиксируется. Некоторое увеличение плотности отмечается у окисленных зерен при развитии процесса «залечивания» пор.

4.1.5 Рентгенография

Ископаемые смолы аморфны, но иногда содержат кристаллические фазы. Определить, чем вызвана такая дифракция рентгеновских лучей в смолах, в настоящее время не представляется возможным. Гало на рентгенограммах ископаемых смол Беларуси (рисунок 4.4) находятся в области рассеивания 11-20⁰ с максимумом 15-16⁰. Брегговские рефлексы минеральных включений соответствуют межплоскостным расстояниям 3,302 Å, 3,186 Å, 2,710 Å. Радиусы первой и второй координационных сфер лежат, соответственно, в интервалах 2,0-2,2 Å и 3,5-4,0 Å.

Таблица 4.8 – Характеристика плотности ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, г/см³, данные автора

Проявление	Разновидность	Плотность		
		от	до	средняя
Пальмникен	желто-коричневый, костяной	0,98	1,02	1,00
Пальмникен	ярко-желтый, прозрачный	1,03	1,05	1,04
Пальмникен	светло-желтый, прозрачный	1,04	1,06	1,05
Пальмникен	буро-желтый, непрозрачный	1,04	1,06	1,05
Пальмникен	темно-желтый, дымчатый	1,06	1,08	1,07
Пальмникен	темно-бурый, непрозрачный	1,07	1,09	1,08
Пальмникен	желто-коричневый, бастард	1,08	1,10	1,09
Пальмникен	темно-желтый, дымчатый	1,09	1,13	1,11
Гатча-Осово	светло-красный, непрозрачный	1,03	1,05	1,04
Гатча-Осово	желто-коричневый, бастард	1,05	1,06	1,06
Гатча-Осово	светло-желтый, непрозрачный	1,05	1,07	1,06
Гатча-Осово	темно-желтый, прозрачный	1,06	1,08	1,07
Гатча-Осово	молочно-желтый, дымчатый	1,07	1,13	1,10
Гатча-Осово	светло-желтый, прозрачный	1,07	1,08	1,08
Гатча-Осово	темно-желтый, непрозрачный	1,08	1,10	1,09
Гатча-Осово	светло-желтый, прозрачный	1,10	1,12	1,11
Клесово	красно-желтый, дымчатый	1,01	1,03	1,02
Клесово	светло-красный, бастард	1,02	1,06	1,04
Клесово	светло-желтый, прозрачный	1,05	1,06	1,06
Клесово	темно-желтый, прозрачный	1,06	1,06	1,06
Клесово	желто-коричневый, бастард	1,07	1,09	1,08
Клесово	буро-желтый, непрозрачный	1,07	1,09	1,08
Клесово	темно-желтый, бастард	1,07	1,08	1,08
Клесово	желто-бурый, непрозрачный	1,08	1,10	1,09

4.1.6 Электронный парамагнитный резонанс

В исходных образцах наблюдается очень слабая, почти симметричная линия с $g = 2,0036 (\pm 5)$ или $2,0041 (\pm 5)$ и шириной, определенной по экстремумам производной, равной $11 (\pm 1)$ э. Оцененная концентрация спинов $n \cdot 10^{17}$ сп/грамм. После облучения во всех образцах появлялся интенсивный сигнал в виде синглетной линии ($g = 2,0036 (\pm 5)$, $\Delta H = 33$ э), осложненной неразряженной СТС. Сверхтонкое расщепление составляло около 5 э и, вероятно, связано с протонами.

Концентрация спинов после облучения повышается на два порядка. В пределах погрешности измерения концентрации спинов в образцах 3а, 3б и 4 совпадают. В образце 7 она почти в 4 раза ниже, что, возможно, связано с его сильной окисленностью. Все данные сведены в таблице 4.9. Природа сигнала представлена на рисунке 4.5. Рентгеновское излучение стимулирует разрыв связей в молекулах янтарной кислоты и образование стабильных свободных радикалов.

Таблица 4.9 – Электронный парамагнитный резонанс в ископаемых смолах Балтийско-Днепровской провинции, данные автора

№	$\Delta H, \text{э}$	$\Delta H_1, \text{э}$	g	$C, \text{сп/Гх}10^{19}$
3а	11 ± 1	-	2,0041 (5)	$0,020 \pm 0,007$
3б	11 ± 1	-	2,0041 (5)	$0,030 \pm 0,010$
3а*	33 ± 1	$4,7 \pm 0,5$	2,0036 (5)	$3,7 \pm 1,1$
3б*	33 ± 1	$5,6 \pm 0,5$	2,0036 (5)	$3,6 \pm 1,1$
4	12 ± 1	-	2,0038 (5)	$0,010 \pm 0,003$
4*	35 ± 1	$4,6 \pm 0,5$	2,0034 (5)	$3,7 \pm 1,1$
7	11 ± 1	-	2,0036 (5)	$0,030 \pm 0,010$
7*	34 ± 1	$6,0 \pm 0,5$	2,0036 (5)	$1,0 \pm 0,3$

Примечание: * – образцы были облучены рентгеновскими лучами.

4.1.7 Термические свойства

Термические свойства ископаемых смол Балтийско-Днепровской янтареносной провинции во многом определяются их аморфностью и полимерным строением. Наиболее типичные термограммы исследованных образцов ископаемых смол приведены на рисунках 4.6 и 4.7. Кривым ДТА исследованных образцов свойствен широкий и сравнительно слабый эндоэффект, максимум которого смещается от 160 до 185⁰С у различных образцов. Он сменяется сравнительно сильным экзотермическим подъемом в области более высоких температур, который прерывается слабым эндотермическим эффектом в области температур 320-340⁰С. Затем на кривых ДТА ряда образцов имеются два широких экзотермических эффекта в области температур 355-370⁰С и 490-520⁰С, разделенных пологим эндоэффектом, максимум которого смещается от 395 до 420⁰С. Кривые ДТА других образцов характеризуются наличием трех экзоэффектов в области температур 355-370⁰С, 420-435⁰С и 515-535⁰С, разделенных эндоэффектами, максимумы которых смещаются от 370-390⁰С и от 435-455⁰С. Конец реакции находится в интервале 575-605⁰С.

Ввиду того, что образцы нагревались на воздухе, специфические эффекты термической деструкции янтаря осложнялись интенсивными процессами окисления. Таким образом, полученные эффекты не могут дать информацию о течении всех индивидуальных реакций, имеющих место при пиролизе ископаемых смол. Это обстоятельство делает весьма затруднительной интерпретацию полученных эффектов. Если первый пологий эндоэффект в области низких температур не может быть однозначно истолкован (возможно, он отражает разрыв слабых связей и выделение части летучих компонентов), то сменяющий его экзотермический подъем указывает на сильное окисление янтаря, сопровождающееся дальнейшим уже интенсивным отщеплением и возгонкой фрагментов его молекулы. Возможно, этому предшествовала какая-то внутри- или межмолекулярная перестройка.

Слабый эндотермический эффект в области температур выше 320⁰С может быть обусловлен процессами плавления, что подтверждается визуальным наблюдением за плавлением янтаря в реторте. Плавление полимеров обычно характеризуется четким эндоэффектом, иногда состоящим из двух близкорасположенных пиков, первый из которых соответствует переходу, обусловленному внутренним вращением молекул, а второй – обычному плавлению. Плавление в полимерах осуществляется всегда в некотором интервале, получившем название температурного интервала плавления.

Следующие за плавлением янтаря экзоэффекты можно приписать процессам окисления расплава. Они сопровождаются дальнейшей деструкцией фрагментов макромолекулы сукцинита и отгонкой продуктов реакции, о чем свидетельствуют разделяющие их пологие эндотермические эффекты.

Изучение поведения ископаемых смол при нагревании важно для определения их технологических характеристик и изучения структурных особенностей. Для диагностики смол по этому признаку используются такие показатели, как температура размягчения (T_r) и температура течения (T_t), которые применительно к полимерным соединениям некристаллического строения являются более информативными, чем температура плавления. Температура размягчения зависит от природы полимера, температура течения отражает степень полимеризации.

Впервые метод был применен С.С. Савкевичем и Т.Н. Соколовой для изучения ископаемых смол Хатангской впадины [42, 43]. Наши наблюдения поведения ископаемых смол Балтийско-Днепровской янтареносной провинции в температурном поле позволили для неизменных разностей смол Прибалтики, Беларуси и Украины определить T_r в интервале 120-180⁰С, а T_t – в интервале 370-420⁰С, что позволяет говорить об их высокой термической устойчивости, присущей вязким смолам.

4.1.8 Инфракрасная спектроскопия

Инфракрасные спектры поглощения дают информацию о наличии и соотношении разных структурных элементов в ископаемых смолах, которые, по современным представлениям, сложены набором большого числа полимерных органических молекул, соотношение и сочетание которых зависит от многих факторов, связанных как с исходным составом живицы, так и с условиями ее фоссилизации. Проведенное исследование показало, что спектры анализированных образцов ископаемых смол Балтийско-Днепровской янтареносной провинции очень схожи между собой, состоят из набора одних и тех же полос поглощения и отличаются лишь соотношением интенсивности этих полос (рисунки 4.8 и 4.9).

Согласно ИК-спектрам, в составе изучаемых смол имеется большое количество CH_2 и CH_3 -групп, валентные колебания которых обуславливают полосы в интервале 2800-3000 см^{-1} . Плоскостным деформационным колебаниям этих групп δ соответствуют полосы в интервале 1340-1450 см^{-1} . При этом в ряде случаев хорошо видно, что полоса при 1380 см^{-1} представляет собой дублет – свидетельство возможного присутствия в структуре смол изопропильной группировки.

О наличии ненасыщенных связей $C = C$ в структуре смол свидетельствует полоса 1640 см^{-1} , обусловленная валентными колебаниями этой связи $\nu (C = C)$, а также полосы при 3080 см^{-1} и в области $650\text{-}900\text{ см}^{-1}$, обусловленные соответственно валентными $\nu (CH)$ и неплоскими деформационными $\nu (CH)$ колебаниями $=CH-$ и $=CH_2$ -групп при ненасыщенной $C = C$ связи. Так, резкую средней интенсивности полосу при 890 см^{-1} вероятнее всего связать с присутствием концевой метиленовой группы в составе группировки $R_1R_2C = CH_2$. Наблюдаемые различия по набору полос в зоне $650\text{-}900\text{ см}^{-1}$ и их интенсивность свидетельствуют о различном характере ненасыщенных связей и наличии циклических соединений, в частности группировки $>C = C-H$ в цикле (полосы примерно при 800 и 850 см^{-1}). Говоря о ненасыщенных связях в циклах, следует подчеркнуть, что в анализируемых образцах не наблюдается ароматических соединений. Об этом свидетельствует отсутствие характерных для них резких интенсивных полос в интервале $650\text{-}800\text{ см}^{-1}$, а также в области $1480\text{-}1600\text{ см}^{-1}$.

В составе изученных образцов ископаемых смол представлены разные кислородосодержащие группы. О наличии карбоксильных групп можно судить по интенсивной полосе в области $1700\text{-}1735\text{ см}^{-1}$. Сложный контур этой полосы связан с наложением близко расположенных полос $\nu (C = O)$, обусловленных сложноэфирным (1735 см^{-1}) и карбоксильным (1700 см^{-1}) группами. Кроме того, частота колебаний $\nu (C = O)$ сложноэфирной группы может несколько уменьшиться при наличии по соседству ненасыщенных $C = C$ связей. Контур обсуждаемой полосы, например, у белорусских разностей смол различен: интенсивности различных полос $\nu (C = O)$ могут быть примерно одинаковы или же более интенсивной является полоса валентных колебаний $\nu (C = O)$ сложноэфирной группировки при 1735 см^{-1} . Кроме полосы $\nu (C = O)$, с карбоксильной группой связано поглощение в области 3200 см^{-1} $\nu (OH)$, а также при $1150\text{-}1200\text{ см}^{-1}$ – сложное колебание $\nu (C-O)$ в $\delta (OH)$. Наблюдаемое положение полос поглощения карбоксильной группировки показывает, что она включена в водородную связь, однако не образует характерных для смоляных кислот димеров. Причиной этого может быть наличие стерических препятствий, обусловленных пространственной структурой ископаемых смол.

Сложноэфирные группировки, помимо полосы $\nu (C = O)$, дают полосы $\nu (C-O)$, положение которых сильно зависит от соседних в молекуле групп и связей и может варьировать от 1160 до 1240 см^{-1} . Валентные колебания $\nu (C-O)$ сложноэфирной группировки, таким образом, вносят вклад в широкую полосу в интервале $1050\text{-}1300\text{ см}^{-1}$. В этот интервал частот попадают и колебания $C-O$ связей простых эфиров,

вторичных и третичных спиртов. Для первичных спиртов – это полоса примерно при 1050 см^{-1} . В случае алициклических соединений ν (C-O) спиртов может смещаться в сторону низких частот до 1000 см^{-1} . В спектрах ископаемых смол именно этими группировками может быть обусловлена полоса 1010 см^{-1} . Спиртовые OH-группировки обуславливают поглощение в области 3400 см^{-1} – валентные колебания ν (OH). Наличие водородных связей возможно и определяет трехмерный характер структуры ископаемых смол. Происхождение полосы при 970 см^{-1} , имеющейся в спектрах практически всех образцов, но различной по интенсивности, весьма проблематично, на этой частоте может давать поглощение ряд рассматриваемых выше ненасыщенных группировок.

Таким образом, по особенностям ИК-спектров изученные разновидности ископаемых смол представляют собой сукцинит, который, следовательно, является наиболее часто встречающейся разновидностью ископаемых смол, широко представленной не только в Прибалтике, но и в пределах всей территории Балтийско-Днепровской янтареносной провинции [35, 44]. Представленные материалы по ИК-спектromетрии ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции подтверждают мнение С.С.Савкевича [29, 43] о плодотворности применения этого метода для исследования ископаемых смол. Вместе с тем наложение различных полос и отсутствие в ряде случаев однозначной их химической интерпретации не дают исчерпывающей информации о структуре этих сложных полимерных органических соединений.

4.1.9 Химический элементный состав

Ископаемые смолы Балтийско-Днепровской провинции, по нашим данным, характеризуется значительными колебаниями состава основных элементов. В таблицах 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 приводятся результаты анализов 15 образцов ископаемых смол Пальменикенского месторождения [1], 15 образцов ископаемых смол Клесовского месторождения [15], а также результаты анализов 45 образцов ископаемых смол из четвертичных отложений Беларуси [12, 45], 15 образцов янтаря из археологических раскопок Беларуси [37, 38] и 7 отдельных крупных штуфов прибалтийских, белорусских и украинских ископаемых смол и покрывающей их корочки окисления [35]. Ниже приводится описание полученных результатов исследования химического элементного состава ископаемых смол Беларуси и сравнение их с данными, приводимыми по смолам Прибалтики и Украины.

Таблица 4.10 – Химический элементный состав ископаемых смол Пальменикенского месторождения, по данным С.С.Савкевича [1] с дополнениями автора

№	Шифр пробы	Характеристика янтаря	Содержание, %					С\Н
			С	Н	S	N	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	1	Светло-желтый, бастард	79,71	10,47	0,10	0,17	9,55	7,61
2.	26	Молочно-белый, бастард	80,02	10,32	0,49	0,15	9,02	7,75
3.	31	Желтый, прозрачный	80,84	10,48	0,18	0,15	8,35	7,71
4.	32	Желтый, прозрачный	81,03	10,21	0,30	0,04	8,42	7,94
5.	36	Бледно-желтый, бастард	81,22	10,43	0,09	0,21	8,05	7,79
6.	37	Белый, костяной	79,80	10,40	0,32	0,09	9,39	7,67
7.	4	Светло-желтый, бастард	80,08	10,38	0,31	0,27	8,96	7,71
8.	6	Желтый, бастард	80,19	10,30	0,10	0,08	9,33	7,79
9.	В-1А	Белый, прозрачный	79,96	10,25	0,55	0,17	9,07	7,80
10.	В-2	Белый, дымчатый	80,95	10,47	0,53	0,21	7,84	7,73
11.	Ф-1А	Желтый, прозрачный	80,09	10,51	0,20	0,48	8,72	7,62
12.	Ф-1Б	Желтый, бастард	80,26	10,27	0,24	0,38	8,85	7,81
13.	Ф-2	Желтый, бастард	80,05	10,44	отс.	0,48	9,03	7,67
14.	Ф-3	Бледно-желтый, бастард	81,40	10,37	0,21	0,12	7,90	7,85
15.	Я-91	Темно-желтый, прозрачный	79,75	10,50	0,10	0,15	9,50	7,60

Таблица 4.11 – Химический элементный состав ископаемых смол Клесовского месторождения, по данным Б.И.Сребродольского [15] с дополнениями автора

№	Шифр пробы	Характеристика янтаря	Содержание, %					С\Н
			С	Н	S	N	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	1	Желтовато-белый, непрозрачный	74,72	9,60	0,92	не опр.	14,76	7,78
2.	10	Красноватый, прозрачный	78,93	9,14	1,45	не опр.	10,48	8,64
3.	11	Коричневато-красный, прозрачный	77,50	9,87	0,81	не опр.	11,82	7,85
4.	12	Желтовато-коричневый, прозрачный	79,30	9,69	1,09	не опр.	9,92	8,18
5.	2	Желтовато-белый, непрозрачный	75,81	8,94	0,78	не опр.	14,47	8,48
6.	24	Желтый, прозрачный	81,53	10,32	0,62	не опр.	7,53	7,90
7.	27	Медово-желтый, дымчатый	80,39	10,18	1,04	не опр.	8,39	7,90
8.	3	Желтовато-белый, непрозрачный	78,00	10,15	0,78	не опр.	11,07	7,68
9.	5	Соломенно-желтый, непрозрачный	74,97	9,58	1,11	не опр.	14,34	7,83
10.	6	Светло-желтый, непрозрачный	76,77	8,60	0,75	не опр.	13,88	8,93
11.	7	Белый, непрозрачный	77,33	10,15	1,03	не опр.	11,49	7,62
12.	8	Желтовато-коричневый, прозрачный	75,39	9,43	1,24	не опр.	13,94	7,99
13.	К-91	Желтый, бастард	79,75	10,25	0,75	не опр.	9,25	7,78
14.	К-92	Светло-желтый непрозрачный	80,25	10,15	1,20	не опр.	8,40	7,90
15.	К-93	Красно-коричневый, прозрачный	78,75	10,25	0,45	не опр.	10,55	7,68

Таблица 4.12 – Химический элементный состав ископаемых смол Беларуси, данные автора

№	Шифр пробы	Характеристика янтаря	Содержание, %					С\Н
			С	Н	S	N	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	91/104	Желтый, непрозрачный	76,74	9,99	отс.	отс.	13,27	7,68
2.	91/105	Оранжевый, прозрачный	77,49	10,16	отс.	отс.	12,35	7,63
3.	91/106	Темно-красный, полупрозрачный	77,94	9,99	0,67	отс.	11,40	7,80
4.	92/10	Желтый, полупрозрачный	79,75	10,25	0,25	отс.	9,75	7,60
5.	92/7	Желтый, полупрозрачный	79,83	10,57	0,53	отс.	9,07	7,55
6.	92/8	Оранжевый, полупрозрачный	79,80	10,47	0,57	отс.	9,16	7,62
7.	92/9	Темно-красный, прозрачный	78,64	10,25	отс.	отс.	11,11	7,67
8.	93/10	Темно-коричневый, непрозрачный	76,13	10,11	0,66	не опр.	13,10	7,53
9.	93/11	Светло-желтый, непрозрачный	80,85	11,37	отс.	не опр.	7,78	7,11
10.	93/3	Красно-коричневый, полупрозрачный	78,75	10,32	0,45	не опр.	10,48	7,63
11.	93/5	Светло-желтый, непрозрачный	78,05	10,72	отс.	не опр.	11,23	7,28
12.	93/5А	Светло-желтый, полупрозрачный	78,23	10,74	отс.	не опр.	10,03	7,27
13.	93/6	Буро-коричневый, непрозрачный	75,59	10,53	0,16	не опр.	13,72	7,20
14.	93/9	Белый, непрозрачный	79,65	10,67	0,30	не опр.	9,38	7,46
15.	93/9А	Темно-коричневый, непрозрачный	74,38	9,32	0,80	не опр.	15,20	7,73

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16.	91/103	Красно-оранжевый, прозрачный	77,03	9,80	0,37	отс.	12,80	7,86
17.	92/23	Желтый, усредненная проба	78,62	11,20	отс.	отс.	10,18	6,98
18.	92/24	Желтый, усредненная проба	78,32	11,28	отс.	отс.	10,40	6,94
19.	92/5	Желтый, усредненная проба	79,29	10,40	0,55	отс.	9,76	7,62
20.	94/10	Желтый, прозрачный	80,30	10,49	0,64	не опр.	8,57	7,65
21.	94/11	Светло-желтый, прозрачный	79,77	10,79	0,74	не опр.	8,70	7,39
22.	94/12	Медово-желтый, полупрозрачный	80,07	10,57	1,11	не опр.	8,25	7,37
23.	94/2	Медово-желтый, прозрачный	80,12	10,72	0,77	отс.	8,39	7,47
24.	94/3	Желто-коричневый, непрозрачный	77,44	10,75	0,35	не опр.	11,46	7,20
25.	94/4	Желтовато-белый, непрозрачный	80,38	10,85	0,19	отс.	8,58	7,41
26.	94/5	Красно-коричневый, непрозрачный	75,20	10,28	1,02	отс.	13,50	7,31
27.	94/6	Коричневый, прозрачный	79,61	10,76	0,67	не опр.	8,96	7,40
28.	94/7	Желтый, полупрозрачный	79,76	10,68	0,51	не опр.	9,05	7,47
29.	94/8	Светло-желтый, полупрозрачный	80,55	11,29	0,53	отс.	7,63	7,13
30.	94/9	Желто-коричневый, полупрозрачный	78,18	9,72	0,52	отс.	11,58	8,04

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
31.	91/100	Желтый, полупрозрачный	78,32	10,13	0,45	отс.	11,10	7,79
32.	91/101	Темно-желтый, полупрозрачный	78,39	10,03	0,64	0,10	10,84	7,81
33.	91/102	Светло-желтый, полупрозрачный	78,27	10,28	отс.	отс.	11,45	7,61
34.	91/99а	Темно-коричневый, усредненная проба	74,85	10,19	отс.	отс.	14,96	7,72
35.	91/99в	Красно-коричневый, непрозрачный	74,85	10,03	0,35	отс.	14,77	7,46
36.	91/99с	Медово-бурый, полупрозрачный	78,14	10,39	отс.	отс.	11,47	7,52
37.	92/26	Желтый, усредненная проба	78,09	11,70	0,43	отс.	9,78	6,67
38.	92/27	Желтый, усредненная проба	78,21	11,59	0,20	отс.	10,00	6,73
39.	93/14	Светло-желтый, полупрозрачный	81,97	10,35	0,80	не опр.	6,88	7,92
40.	93/15	Желто-коричневый, полупрозрачный	81,92	10,33	0,41	не опр.	7,34	7,93
41.	95/13	Медово-желтый, полупрозрачный	80,38	10,83	0,25	не опр.	8,54	7,42
42.	95/16	Желто-коричневый, полупрозрачный	78,43	10,30	0,52	не опр.	10,75	7,61
43.	95/22	Темно-коричневый, непрозрачный	74,95	10,00	0,62	не опр.	14,43	7,49
44.	95/23	Желто-бурый, непрозрачный	80,88	11,35	1,15	не опр.	6,62	7,13
45.	95/6	Бело-желтый, полупрозрачный	79,46	10,70	1,01	0,28	8,55	7,43

Таблица 4.13 – Химический элементный состав ископаемых смол из археологических памятников Беларуси, данные автора

№	Точка	Характеристика янтаря	Содержание, %					С\Н
			С	Н	S	N	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Баранцы	Желто-коричневый, прозрачный	75,88	10,18	0,30	не опр.	13,64	7,45
2.	Витебск	Желтый, непрозрачный	78,45	10,85	отс.	не опр.	10,70	7,23
3.	Витебск	Желтый, непрозрачный	76,84	10,65	отс.	не опр.	12,51	7,22
4.	Волковыск	Темно-коричневый, прозрачный	72,54	10,30	0,20	не опр.	16,96	7,04
5.	Волковыск	Темно-желтый, непрозрачный	71,13	9,92	0,20	не опр.	18,75	7,17
6.	Клецк	Красно-коричневый, прозрачный	77,70	10,47	отс.	не опр.	11,83	7,42
7.	Клецк	Желто-коричневый, прозрачный	76,89	10,33	отс.	не опр.	12,78	7,44
8.	Клецк	Светло-желтый, прозрачный	73,94	10,39	отс.	не опр.	15,48	7,12
9.	Клецк	Темно-желтый, полупрозрачный	73,30	9,70	0,50	не опр.	16,25	7,56
10.	Минск	Желтый, непрозрачный	78,21	10,47	0,58	не опр.	10,74	7,47
11.	Минск	Темно-красный, прозрачный	73,68	9,56	отс.	не опр.	16,76	7,71
12.	Новогрудок	Белый, непрозрачный	73,46	10,24	0,15	не опр.	16,15	7,17
13.	Полоцк	Желтый, полупрозрачный	79,61	10,68	0,23	не опр.	9,48	7,45
14.	Полоцк	Золотистый, прозрачный	77,45	10,47	1,28	не опр.	10,80	7,40
15.	Берестье	Золотистый, прозрачный	74,37	10,23	отс.	не опр.	15,40	7,27

Таблица 4.14 - Химический элементный состав внутренней части и корочки окисления образцов ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, данные автора

№	Место находки	Характеристика янтаря	Содержание, %			
			С	Н	S	O+N
1.	Пальмникен	Светло-желтый, полупрозрачный	78,15	10,20	0,30	11,35
		Корочка на нем	74,43	10,08	0,35	15,24
2.	Пальмникен	Темно-желтый, непрозрачный	78,89	10,24	0,35	10,52
		Корочка на нем	75,20	10,00	0,30	14,50
3.	Гатча-Осово	Оранжевый, полупрозрачный	79,80	10,47	0,57	9,16
		Корочка на нем	73,88	9,91	0,06	16,15
4.	Гатча-Осово	Белый, непрозрачный	79,65	10,67	0,30	9,38
		Корочка на нем	75,93	10,56	0,35	13,16
5.	Гатча-Осово	Желто-коричневый, непрозрачный	77,44	10,75	0,35	11,46
		Корочка на нем	74,59	9,51	0,80	15,72
6.	Клесово	Желто-красный, полупрозрачный	77,20	10,30	0,45	12,05
		Корочка на нем	75,63	10,03	0,80	13,54
7.	Клесово	Желтый, непрозрачный	80,15	10,05	0,50	9,30
		Корочка на нем	74,70	9,60	0,50	15,20

Процентное содержание углерода по отдельным образцам ископаемых смол из четвертичных отложений Беларуси составляет 74,38-81,97%, при среднем его содержании 78,52%. Количество водорода колеблется от 9,62 до 11,70%, в среднем составляя 10,52%. Особый интерес представляет также изучение отношения углерода к водороду, являющегося показательным для углеводородистых соединений. Величина этого отношения колеблется от 6,67 до 8,04, составляя в среднем 7,64. Сера в ископаемых смолах присутствует далеко не во всех изученных образцах, а значимые ее содержания могут достигать 1,18%. Среднее содержание серы в белорусских смолах – 0,43%. Высокое содержание кислорода присуще в первую очередь сильно окисленным разностям, характеризующимся довольно низкими значениями содержания углерода и водорода и наоборот. Содержание кислорода в ископаемых смолах лежит в пределах 6,22-15,20%, в среднем составляя 10,53%.

Химическому элементному анализу также были подвергнуты специально подготовленные пробы разноокрашенных прозрачных, полупрозрачных и непрозрачных янтарей из археологических раскопок Полоцка, Витебска, Минска, Клецка, Новогрудка, Волковыска, Баранцов, Берестья. Результаты анализов химического элементного состава янтаря из археологических раскопок Беларуси позволяют отметить в целом более низкое содержание основных элементов – углерода (72,55-79,61%) и водорода (9,56-10,85%) и более высокое кислорода (9,48-16,96%) по сравнению с природными находками. Это связано, по нашему мнению, в первую очередь с большей степенью окисления исследуемых зерен янтаря из археологических раскопок.

Зольность ископаемых смол низкая и находится чаще всего в пределах 0,20-0,25%. У некоторых зерен зольность практически отсутствует. Исследование золы полуколичественным спектральным анализом показало присутствие в ней следующих элементов-примесей: магния, титана, хрома, марганца, меди, кремния, алюминия, железа, ванадия. Эти же элементы характерны и для живицы современных хвойных деревьев, т.е. подчеркивается биогенный характер перечисленных элементов.

Существенное значение для характеристики химического состава янтаря имеет содержание янтарной кислоты – одного из важнейших диагностических признаков и наиболее характерной особенности сукцинита, позволяющей восстановить палеогеографическую обстановку среды янтареобразования. На содержание янтарной кислоты исследовались прозрачные образцы (13), непрозрачные (17), костяные (4), слабоокисленные (8) и сильноокисленные (11), отобранные с двух янтарепроявлений Беларуси – Гатча и Каташи. Полученные результаты

оказались сравнимы с данными по содержанию янтарной кислоты в образцах Прибалтики. Свободная янтарная кислота в прозрачных разновидностях сукцинита либо отсутствует, либо ее содержание не превышает 3,20-4,50% (в белорусском янтаре – 3,47-3,95%). Колебания содержания янтарной кислоты в других разновидностях сукцинита (полупрозрачные, непрозрачные, окисленные и т.д.) достигает значений от 3,20-4,50% до 8,22-9,44%. Отмечено, что количество янтарной кислоты непостоянно не только в различных образцах, но даже в одном и том же образце в зонах неодинаковой степени окисленности.

Сравнение элементного состава янтарей Беларуси, Прибалтики и Украины показало в общем их схожесть по основным элементам (С, Н, О) и резкие различия по содержанию серы. В то же время соотношение углерода и водорода, являясь важным показателем для углеводородистых соединений, так же как и содержание серы, резко отличается у янтарей Беларуси и Прибалтики от аналогичных показателей, характерных для смол Украины. В то же время янтарь Беларуси, при сопоставимых средних значениях основных элементов, характеризуется более значительными колебаниями состава. Так, например, содержание водорода колеблется от 9,62 до 11,70%, углерода – от 74,38 до 81,97%, кислорода – от 6,62 до 15,20%, в то время как колебания состава элементов у прибалтийского янтаря на 1-2% меньше. По содержанию серы янтарь Беларуси (среднее 0,43%) занимает промежуточную позицию между янтarem Прибалтики (среднее 0,26%) и Украины (среднее 1,20%), хотя отдельные пробы содержат серу в количестве до 1,18%.

Определенный интерес представляют результаты химического элементного анализа отдельных шtuфoв янтаря и покрывающей их корочки окисления. Как правило, корочка отличается от внутренней свежей части штуфа ощутимым повышением содержания кислорода в ущерб главным образом содержанию углерода и водорода. Подобная картина наблюдается и для янтаря Прибалтики и Украины. В процессе окисления в янтаре возрастает количество кислорода, а количество остальных элементов уменьшается.

Зольность янтаря связана с включениями различных минеральных образований. У образцов белорусского и прибалтийского янтаря она низкая – 0,20-0,75%, у отдельных разновидностей бастардного и костяного янтаря Прибалтики – до 0,80%. Зольность янтаря Украины значительно превышает эти значения и достигает иногда 8,67%. В янтаре обнаруживается довольно широкий состав элементов-примесей, причем в смолах Прибалтики и Беларуси их несколько меньше, чем на Украине. В украинском янтаре присутствует иттрий, цирконий, свинец, цинк и некоторые другие элементы, которых в янтаре Прибалтики и Беларуси

либо нет вообще, либо в количественном отношении значительно меньше. Известно, что качественно и количественно состав элементов-примесей отражает общую геохимическую специфику питающих провинций. Так, широкий спектр элементов-примесей украинского янтаря можно объяснить составом вмещающих пород, сформировавшихся в районе Украинского щита.

4.1.10 Включения

В образцах ископаемых смол, распространенных в пределах Балтийско-Днепровской янтареносной провинции, включения отмечаются в основном в виде минеральных зерен, газовой-жидкой фазы или одного вида янтаря в другом. Органические включения, представленные насекомыми и паукообразными, довольно подробно описаны В.И.Катиным [3]. В рамках настоящего исследования изучение фауны беспозвоночных в ископаемых смолах названной провинции не проводилось в связи с почти полным отсутствием в образцах имевшихся в нашем распоряжении включений подобного рода. Однако, говоря о включениях в белорусских ископаемых смолах из четвертичных отложений, необходимо отметить, что их впервые удалось обнаружить в трех образцах прозрачного натечного янтаря медово-желтого цвета, найденных А.А.Богдасаровым в пределах проявления Гатча-Осово [46]. Инклюзы представлены насекомыми (Diptera, Hymenoptera), обнаруженными в очищенных от корочки окисления штуфах янтаря, которые были определены и описаны В.И.Назаровым [47].

4.2 Северо-Сибирская и Дальневосточная янтареносные провинции

4.2.1 Морфология. Размеры. Масса

Морфологические разновидности зерен ископаемых смол, распространенных в пределах Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций отличаются значительным разнообразием. В зависимости от условий формирования выделения смолы имеют специфические особенности: форму, размеры, массу. Поэтому, возможно, полное изучение этих особенностей позволяет в достаточной степени достоверно восстанавливать условия, при которых происходило истечение живицы, впоследствии превратившейся в ископаемую смолу. При этом предполагается, что в прошлом смола образовывалась на деревьях формы, близкие тем, которые можно наблюдать в настоящее время у смолы, продуцируемой современными хвойными.

В смолоносной залежи р. Песчаной недалеко от пос. Амдерма на Югорском полуострове зерна ископаемых смол представлены как неразрушенными первичными образованиями с естественными поверхностями выделений, так и их обломками, ограниченными поверхностями неровного и раковистого излома. По данным подсчета Н.П.Юшкина [13], на долю зерен с первичной формой приходится 19%, с единичными поверхностями излома – 28%, с большим количеством поверхностей излома – 28%, а полностью ограниченными поверхностями изломов – 25%.

По нашим данным [48], на территории Северо-Сибирской янтареносной провинции первичные формы выделений ископаемых смол имеют 44% зерен, в то время как вторичные образования характерны для 56% изученных разностей. Полученные результаты вполне сопоставимы с данными Н.П.Юшкина, и, судя по ним, степень разрушения смол данной провинции при переотложении может быть определена как средняя. Данные Н.П.Юшкина позволяют выделить размер 2–5 мм как резко преобладающий (около 75%), в то время как наши наблюдения показывают преобладание (55%) образцов размером от 8 до 16 мм по наибольшему измерению.

Самые крупные образцы, по данным Н.П.Юшкина, имеют параметры 29 x 20 x 16 мм и массу 3,35 г, по нашим данным, соответственно, 40 x 28 x 25 мм и 5,53 г. По мнению Н.П.Юшкина, в приповерхностной (глубина 1,2 м), сезонно оттаивающей части залежи смолы в значительной степени дезинтегрированы в результате морозного выветривания, а в более глубоких горизонтах должны сохраниться более крупные первичные выделения.

По своим морфологическим особенностям ископаемые смолы Хатангской впадины представлены формами, имеющими в основном массивные натечные, натечно-скорлуповатые и натечно-слоистые текстуры. По данным Т.Н.Соколовой [16], содержание таких форм около 30% от общего их числа. Преобладающий размер образцов 7 x 4 x 3 мм, но иногда встречаются кусочки размером до 30-40 мм по наибольшему измерению. По-видимому, большинство зерен ископаемых смол (около 70%) возникло в результате дробления более крупных кусков.

Среди типичных для янтареподобных ископаемых смол угловатых, уплощенных и округлых зерен, которые практически не поддаются генетической интерпретации, в отложениях разного возраста Приморья и Сахалина редко, но встречаются формы, отражающие различные явления онтогении этих смол. Это выделения в виде натеков, а также куски с поперечным сечением линзовидной формы, зачастую несущие на себе более или менее четкие отпечатки древесины. По нашим данным [48], на

долю настольных форм приходится не более 4-5%. Размеры и масса зерен очень разнообразны, большинство обломков размером 16 x 12 x 8 мм, с массой не более 3,5 г.

4.2.2 Оптические свойства

Цветовая гамма образцов ископаемых смол Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций включает в себя лимонно-желтые, восково-желтые, желтовато-белые, коричнево-серые и матово-белые (Югорский полуостров, Хатангская впадина), а также соломенно-желтые, золотисто-желтые, желто-красные и темно-коричневые (Сахалин, Приморье) разности. Окисляясь, ископаемые смолы приобретают более интенсивную темно-бурую окраску. Корочка окисления, как правило, окрашена в более темные тона, чем неокисленная часть зерна. В целом цветовая гамма смол может считаться довольно разнообразной.

По данным спектрометрии (таблица 4.15), нами были построены графики коэффициентов поглощения света для исследуемых разностей смол, которые имеют тот же характер кривой (рисунок 4.10), что был присущ янтарям Балтийско-Днепровской провинции, со сходным положением пиков, склонов и ложа, которое располагается, как правило, в области значений, соответствующих желто-оранжевому участку спектра. Пики соответствуют фиолетовой и синей частям спектра. Следует обратить внимание на то, что, как и в случае с образцами Балтийско-Днепровской провинции, степень прозрачности ископаемых смол и интенсивность их окраски также получили отражение на построенных графиках.

Степень поглощения света у непрозрачных разностей выше, чем у прозрачных, что на графиках отображается изменением положения всей кривой на несколько пунктов вверх. Проведенные исследования показали, что цвет ископаемых смол обусловлен поглощением ими фиолетово-голубой части спектра (λ от 340 до 510 нм) и пропусканием световых волн в диапазоне λ от 510 до 760 нм и далее, которые и придают ископаемым смолам хорошо известные оттенки желтого и красноватого цветов.

По степени прозрачности, которая, как известно, зависит от количества, размера и распределения пузырьков воздуха, зерна ископаемых смол, найденных на р. Песчаной близ пос. Амдерма (Югорской полуостров), распределяются следующим образом: совершенно прозрачные составляют 79%, полупрозрачные – 11%, непрозрачные – 9% [13]. Среди них можно выделить все основные разности, известные в пределах Балтийско-Днепровской провинции: прозрачный, дымчатый, бастард, костяной и пенистый.

Таблица 4.15 – Коэффициенты поглощения света ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока, данные автора

λ_n	Образец 8 (Амдерма)	Образец 9 (Сахалин)	λ_n	Образец 8 (Амдерма)	Образец 9 (Сахалин)
340	0,8325	0,6677	640	0,1024	0,0800
350	0,8347	0,6363	650	0,1012	0,0784
360	0,8456	0,6116	660	0,1067	0,0767
370	0,8887	0,5911	670	0,1045	0,0763
380	0,8799	0,5845	680	0,1034	0,0758
390	0,8641	0,5478	690	0,1029	0,0754
400	0,8311	0,5034	700	0,1001	0,0750
410	0,7054	0,4212	710	0,0947	0,0718
420	0,6137	0,3981	720	0,0939	0,0716
430	0,5223	0,3567	730	0,0919	0,0710
440	0,4238	0,2837	740	0,0917	0,0706
450	0,3489	0,2493	750	0,0914	0,0702
460	0,3173	0,2066	760	0,0904	0,0656
470	0,2875	0,1955	770	0,0888	0,0641
480	0,2645	0,1874	780	0,0865	0,0678
490	0,2142	0,1789	790	0,0847	0,0644
500	0,2049	0,1653	800	0,0824	0,0656
510	0,1987	0,1321	825	0,0845	0,0611
520	0,1645	0,1238	850	0,0895	0,0601
530	0,1515	0,1111	875	0,0843	0,0656
540	0,1486	0,1098	900	0,0864	0,0612
550	0,1394	0,1093	925	0,0819	0,0634
560	0,1245	0,1089	950	0,0758	0,0678
570	0,1201	0,0973	975	0,0760	0,0629
580	0,1167	0,0985	1000	0,0735	0,0602
590	0,1123	0,0952	1025	0,0738	0,0678
600	0,1211	0,0904	1050	0,0753	0,0611
610	0,1153	0,0887	1075	0,0803	0,0636
620	0,1124	0,0874	1100	0,0798	0,0689
630	0,1050	0,0836			

Результаты изучения тонких особенностей текстуры ископаемых смол Сибири и Дальнего Востока с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа на основании данных Н.П. Юшкина [30] и собственных исследований автора [48] представлены в таблице 4.16 и сводятся к следующему.

Прозрачные разновидности ископаемых смол, как это видно на снимках (фото 4.9, 4.10), характеризуются присутствием пустот размером от 0,00005 до 0,0025 мм, часто сливающихся друг с другом в группы. Форма пустот правильная, близка к эллипсоидальной, стенки пустот тонко бугристые. Иногда различаются иглоподобные включения размером до 0,0005 мм, природа которых не ясна. Полупрозрачные разновидности характеризуются наличием пустот размером от 0,0010 до 0,015 мм (фото 4.11, 4.12). Форма пустот различная. На зернах непрозрачных разновидностей четко видны раковистый излом и присутствие очень большого количества пустот самых различных размеров – от 0,0025 до 0,05 мм и форм – от правильных округлых до сильно уплощенных, вероятно деформированных в процессе пластического течения смолы (фото 4.13, 4.14). Обычно в одних и тех же зернах встречаются несколько из описанных выше разновидностей смол, а также переходные виды. Так, в прозрачных зернах встречаются облачные участки, представляющие собой скопления пузырьков. Их границы не очень четкие. Контакты непрозрачных разновидностей с прозрачными более резкие, отчетливые.

Как известно, одно из наиболее заметных изменений прозрачности ископаемых смол происходит в результате их окисления, отчего поверхность прозрачных кусков мутнеет и постепенно превращается в желтовато-красную корку, распространяющуюся в глубину на 2-5 мм.

Окисленные зерна желто-бурого цвета содержат пустоты очень неправильной формы, количество которых значительно меньше, чем в неокисленных. Излом этих зерен неровный, бугорчатый. Форма пустот указывает на развивающийся процесс их залечивания. Вторичный характер корки окисления легко устанавливается по ее взаимоотношениям с флюидальностью. По трещинкам, шрамам, выбоинам корка может довольно глубоко проникать в янтарные зерна, создавая секущие флюидальность прожилки. В костяных разновидностях смол окисление иногда развивается по флюидальности, отчего создаются слоистые текстуры с чередованием тонких прозрачных красновато-желтых и непрозрачных белых слоев. Небольшие прозрачные кусочки, окисляясь на всю толщину, становятся непрозрачными.

Таблица 4.16 – Сравнительная характеристика текстурных особенностей ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока, по Н.П.Юшкину [13] и данным автора

Текстурные особенности	Разновидности ископаемых смол		
	Прозрачный	Полупрозрачный	Непрозрачный
Югорский полуостров (по Н.П.Юшкину [13])			
Размеры пустот, мм	0,00005-0,0025	0,0010-0,0150	0,0025-0,0500
Форма пустот	Округлая	Эллипсоидальная	Уплощенная
Границы контактов между слоями	Четкие, ясные	Размытые	Размытые
Включения	Иглоподобные	Иглоподобные	Хлопьевидные
Количество трещин, препятствующих прохождению света	Незначительное	Среднее	Большое
Югорский полуостров (авторские исследования)			
Размеры пустот, мм	0,0001-0,0025	0,0010-0,0125	0,0010-0,0250
Форма пустот	Округлая	Сферическая	Эллипсоидальная
Границы контактов между слоями	Четкие, ясные	Размытые	Размытые
Включения	Отсутствуют	Иглоподобные	Хлопьевидные
Количество трещин, препятствующих прохождению света	Незначительное	Среднее	Большое
Сахалин (авторские исследования)			
Размеры пустот, мм	0,0001-0,0025	0,0025-0,0250	0,0025-0,0500
Форма пустот	Округлая	Сферическая	Эллипсоидальная
Границы контактов между слоями	Четкие, ясные	Размытые	Размытые
Включения	Отсутствуют	Иглоподобные	Хлопьевидные
Количество трещин, препятствующих прохождению света	Незначительное	Среднее	Большое

Блеск северо-сибирских и дальневосточных разновидностей ископаемых смол бывает жирным, восковым или матовым, реже стеклянным, в зависимости от характера поверхности, отражающей световые лучи. Исследование люминесценции ископаемых смол Сибири и Дальнего Востока показало, что образцы, как правило, покрыты тонким слоем измененного вещества, отличающегося по своим люминесцентным свойствам от внутренней неизменной части зерна. Большая часть зерен в исходном состоянии имеет темно-желтое свечение. Свежий скол дает темно-голубое свечение. Сведения о люминесценции приведены в таблице 4.17. Спектрально-кинетические исследования фотолюминесценции образцов Амдермы показали, что спектры всех исследованных зерен характеризуются широкой полосой испускания в области 450-590 нм, с двумя четко выраженными максимумами 530 и 570 нм. Оптические спектры (спектры отражения) не имеют выраженной структуры (рисунок 4.3), различие отмечается только в яркости окраски.

4.2.3 Механические свойства

Твердость и хрупкость ископаемых смол, как известно, представляют собой характеристики, позволяющие определить принадлежность их к классам вязких или хрупких смол, а следовательно, предсказать возможность обработки и использования в ювелирном деле. Результаты независимых определений микротвердости смол Сибири и Дальнего Востока [48] оказались сопоставимы и приводятся в таблице 4.18. Как видно из приведенных данных, пределы колебаний лежат в области от 20,8 до 29,1 кг/мм², а средние значения для различных зерен колеблются в еще более узких границах – от 23,5 до 26,5 кг/мм².

Хрупкость исследуемых образцов ископаемых смол варьирует в очень широких пределах. Число хрупкости неизменных прозрачных и полупрозрачных разновидностей ископаемых смол Амдермы составляет 50-85 г, возрастая у непрозрачных до 75-120 г. Для образцов Сахалина, не подвергшихся процессам окисления, это число колеблется от 50 до 100 г, понижаясь у окисленных разновидностей до 20-70 г.

По характеру излома смолы Сибири и Дальнего Востока не обнаруживают заметных различий, однако, как и следовало ожидать, уменьшение прозрачности зерен способствует усложнению поверхности излома. В целом у прозрачных разновидностей излом неровный, иногда раковистый. Поверхность излома усложнена узорами, образованными сочетанием тонких прямых линий. Излом дымчатых и бастардных разновидностей раковистый, реже занозистый. Его поверхность покрыта узорами, образованными сочетанием прямых и зигзагообразных линий.

Таблица 4.17 – Характеристика люминесценции ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока, данные автора

Проявление	Цвет образца	Прозрачность	Люминесценция (свечение)	
			Корочка окисления	Свежий скол
Амдерма	Светло-желтый	Прозрачный	Темно-желтое	Темно-голубое
Амдерма	Лимонно-желтый	Дымчатый	Темно-желтое	Темно-голубое
Амдерма	Медово-желтый	Бастард	Отсутствует	Бело-матовое
Амдерма	Желто-бурый	Непрозрачный	Отсутствует	Бело-матовое
Сахалин	Светло-желтый	Прозрачный	Темно-желтое	Темно-голубое
Сахалин	Желто-бурый	Дымчатый	Темно-желтое	Темно-голубое
Сахалин	Буровато-желтый	Бастард	Отсутствует	Бело-матовое
Сахалин	Светло-красный	Непрозрачный	Отсутствует	Бело-матовое

Трещиноватость на поверхности зерен ископаемых смол зависит от степени окисления зерна. Линии вторичных трещин чаще всего ограничиваются прямолинейными и волнообразными видами, создающими при пересечении сложный рисунок, напоминающий мозаику. Трещины полые или заполненные рыхлыми песчано-глинистыми примесями. Просмотр и анализ растровых электронных микрофотографий неизменной поверхности и свежего скола зерен свидетельствует о достаточно высокой степени сохранности ископаемых смол Амдермы и отсутствии следов сильных деформаций (фото 4.15, 4.16), так же как и у описанных выше янтарей Балтийско-Днепровской провинции.

Таблица 4.18 – Характеристика микротвердости ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока, кг/мм², данные автора

Проявление	Разновидность	Нагрузка, г		
		5	50	100
Амдерма*	Лимонно-желтый, дымчатый	20,80	26,20	23,50
Амдерма*	Медово-желтый, бастард	21,70	27,40	24,55
Амдерма*	Медово-желтый, прозрачный	22,15	28,47	24,13
Амдерма*	Светло-желтый, прозрачный	23,90	29,10	26,46
Амдерма**	Буро-желтый, непрозрачный	21,11	27,21	24,75
Амдерма**	Красно-коричневый, бастард	23,78	29,03	26,49
Амдерма**	Желто-бурый, непрозрачный	22,57	28,54	25,23
Амдерма**	Светло-желтый, непрозрачный	23,45	27,43	25,38
Сахалин*	Бело-желтый, непрозрачный	22,23	26,76	24,68
Сахалин*	Буровато-желтый, бастард	22,50	26,07	24,14
Сахалин*	Темно-красный, прозрачный	24,19	28,38	26,84
Сахалин*	Светло-желтый, прозрачный	21,14	25,91	23,19
Сахалин**	Бело-желтый, непрозрачный	22,62	28,79	26,71
Сахалин**	Желто-бурый, дымчатый	23,32	27,93	25,01
Сахалин**	Светло-красный, непрозрачный	20,97	24,09	22,18
Сахалин**	Ярко-желтый, прозрачный	23,15	27,90	25,18

Примечание: определения производились в ИМГРЭ РАН* и ФТИ НАНБ**.

4.2.4 Плотность

Плотность образцов ископаемых смол Северной Сибири (Амдерма) и Дальнего Востока (Сахалин) колеблется от 1,02 до 1,08 г/см³ (таблица 4.19). Таким образом, по этому показателю значимых различий между образцами не фиксируется. Различий между неизменными разностями янтарей Балтийско-Днепровской янтареносной провинции и изученными смолами из проявлений Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносной провинций по плотности нами также не обнаружено.

Таблица 4.19 – Характеристика плотности ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока, г/см³, данные автора

Проявление	Разновидность	Плотность		
		от	до	средняя
Амдерма	Лимонно-желтый, дымчатый	1,04	1,06	1,05
Амдерма	Медово-желтый, бастард	1,05	1,07	1,06
Амдерма	Медово-желтый, прозрачный	1,02	1,06	1,04
Амдерма	Светло-желтый, прозрачный	1,01	1,05	1,03
Амдерма	Буро-желтый, непрозрачный	1,03	1,05	1,04
Амдерма	Красно-коричневый, бастард	1,06	1,08	1,07
Амдерма	Желто-бурый, непрозрачный	1,08	1,10	1,09
Амдерма	Светло-желтый, непрозрачный	1,07	1,09	1,08
Сахалин	Бело-желтый, непрозрачный	1,04	1,06	1,05
Сахалин	Буровато-желтый, бастард	1,08	1,10	1,09
Сахалин	Темно-красный, прозрачный	1,02	1,06	1,04
Сахалин	Светло-желтый, прозрачный	1,04	1,06	1,05
Сахалин	Бело-желтый, непрозрачный	1,06	1,08	1,07
Сахалин	Желто-бурый, дымчатый	1,06	1,08	1,07
Сахалин	Светло-красный, непрозрачный	1,08	1,10	1,09
Сахалин	Ярко-желтый, прозрачный	1,02	1,06	1,04

4.2.5 Рентгенография

На рентгенограммах ископаемых смол Северо-Сибирской провинции, по данным Н.П.Юшкина [13], довольно уверенно фиксируются два гало в областях рассеивания $8-9^0$ и $22-24^0$. Межплоскостные расстояния этих отражений соответствуют значениям $5,900 \text{ \AA}$ и $2,240 \text{ \AA}$. Более резким является первое гало, характерное для янтаря и большинства видов янтареподобных ископаемых смол. Рентгеноструктурные данные свидетельствуют об аморфной структуре ископаемых смол и отсутствии в них минеральных включений или других кристаллических фаз.

4.2.6 Электронный парамагнитный резонанс

В образцах наблюдается слабая, почти симметричная линия с $g = 2,0036 (\pm 5)$ и шириной, определенной по экстремумам производной, равной $11 (\pm 1)$ э. Оцененная концентрация спинов $n \cdot 10^{17}$ сп/г. После облучения в образцах появлялся интенсивный сигнал в виде синглетной линии ($g = 2,0036 (\pm 5)$, $\Delta H = 33$ э), осложненной неразряженной СТС. Сверхтонкое расщепление составляло около 5 э и, вероятно, связано с протонами. Концентрация спинов после облучения повышается на два порядка. В пределах погрешности измерения концентрации спинов в образцах 1, 2 и 5 совпадают. В образце 6 она в 3 раза ниже, что, возможно, связано с его сильной окисленностью. Все данные сведены в таблице 4.20. Природа сигнала идентична представленной на рисунке 4.5.

Таблица 4.20 – Электронный парамагнитный резонанс в ископаемых смолах Северной Сибири, данные автора

№	$\Delta H, \text{э}$	$\Delta H_1, \text{э}$	g	$C, \text{сп/г} \cdot 10^{19}$
1	11 ± 1	-	2,0036 (5)	$0,030 \pm 0,010$
2	12 ± 1	-	2,0036 (5)	$0,030 \pm 0,010$
1*	33 ± 1	$4,8 \pm 0,5$	2,0034 (5)	$3,4 \pm 1,1$
2*	34 ± 1	$5,4 \pm 0,5$	2,0034 (5)	$3,6 \pm 1,1$
5	12 ± 1	-	2,0035 (5)	$0,015 \pm 0,010$
5*	35 ± 1	$4,8 \pm 0,5$	2,0035 (5)	$3,3 \pm 1,1$
6	11 ± 1	-	2,0038 (5)	$0,025 \pm 0,010$
6*	34 ± 1	$5,8 \pm 0,5$	2,0038 (5)	$1,0 \pm 0,1$

Примечание: * – образцы были облучены рентгеновскими лучами.

4.2.7 Термические свойства

Кривые ДТА образцов северо-сибирских ископаемых смол довольно сходны общей конфигурацией и положением основных термических эффектов, но в положении ряда эффектов отмечается и определенная разница [13, 49]. Наиболее низкотемпературный широкий экзоэффект, возможно связанный с частичной межмолекулярной перестройкой, у прозрачных разностей сибирских смол имеет максимум около 150°C , в то время как у непрозрачных – 190°C .

Максимум второго экзоэффекта в районе 290°C , отражающего процессы окисления смол, имеет одинаковое положение на обеих термограммах, но у непрозрачных разновидностей он значительно шире, так как процесс окисления начинается раньше – с 265°C (по сравнению с 285°C у прозрачных). При 330°C у прозрачных и при 340°C у непрозрачных образцов ископаемых смол начинается процесс плавления, отражающийся резкими эндоэффектами.

Процесс плавления протекает сложно, сопровождается окислением продуктов плавления, о чем свидетельствует спектр эффектов в интервале $330\text{-}385^{\circ}\text{C}$, особенно сложный у прозрачных разновидностей смол. Конец реакции находится в интервале $540\text{-}570^{\circ}\text{C}$. Термограммы образцов ископаемых смол Северной Сибири (Амдерма) приведены на рисунках 4.11 и 4.12.

Термические особенности ископаемых смол Дальнего Востока из-за малого количества исходного материала исследования методом ДТА не подвергались, но они, так же как и образцы ископаемых смол Сибири (наряду с изучением кривых ДТА), наблюдались в температурном поле с определением наиболее структурно чувствительных параметров, таких, как температура размягчения (T_r) и температура течения (T_t), которые применительно к полимерным соединениям некристаллического строения являются более информативными, чем температура плавления.

Как уже отмечалось выше, температура размягчения зависит от природы полимера, температура течения отражает степень полимеризации. Проведенные наблюдения поведения ископаемых смол в температурном поле [49] позволили нам определить T_r для смол Сибири в интервале $110\text{-}140^{\circ}\text{C}$, для смол Дальнего Востока – в интервале $120\text{-}180^{\circ}\text{C}$, а T_t – для смол Сибири в интервале $150\text{-}190^{\circ}\text{C}$, для смол Дальнего Востока – в интервале $160\text{-}250^{\circ}\text{C}$.

4.2.8 Инфракрасная спектроскопия

Как показали исследования С.С.Савкевича [1], Н.П.Юшкина [13], Т.Н.Соколовой [16], довольно надежную информацию о конституции ископаемых смол может дать анализ их ИК-спектров. Конфигурация всех полученных спектров ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока (рисунки 4.13, 4.14) оказалась во многом сходной, состоящей из набора одних и тех же полос поглощения, часто отличающейся лишь соотношением их интенсивности [13, 49].

В сибирских образцах, найденных вблизи пос. Амдерма, отчетливо наблюдается комплекс полос валентных колебаний С-О-С и С = О в кислородных соединениях ($\nu = 1160, 1215-1250, 1710-1730 \text{ см}^{-1}$). По ряду полос устанавливается присутствие в составе ископаемых смол карбоновых кислот (деформационные колебания ОН $\nu = 935-945 \text{ см}^{-1}$ и валентные С-О колебания $\nu = 1710 \text{ см}^{-1}$). Можно предположить наличие алициклических систем по полосам $1045-1090 \text{ см}^{-1}$. Серия полос отражает связи типа $\text{CR}_1\text{R}_2 = \text{CH}_2$ ($\nu = 890, 1640 \text{ см}^{-1}$), $\text{CR}_1\text{R}_2 = \text{CHR}_3$ ($\nu = 865 \text{ см}^{-1}$) и $\text{CH} = \text{CH}_2$ ($\nu = 980, 1465 \text{ см}^{-1}$). Полоса 1390 см^{-1} , вероятнее всего, соответствует деформационным и валентным колебаниям С-Н в группах CH_2 и CH_3 . Содержание всех этих компонентов, судя по переменной интенсивности полос поглощения, непостоянное.

Устанавливается целый ряд определенных различий в конфигурации ИК-спектров прозрачных и непрозрачных разновидностей смол. Так, в спектрах непрозрачных образцов усложняется появлением небольшого спутника конфигурация полосы поглощения 1460 см^{-1} , снижается интенсивность полосы 1390 см^{-1} , исчезает полоса 1135 см^{-1} , снижается почти до полного исчезновения интенсивность полосы 1090 см^{-1} , и она сдвигается немного в длинноволновую область (до 1095 см^{-1}), заметно увеличивается интенсивность полос 1045 и 890 см^{-1} , полоса 825 см^{-1} почти исчезает, но становится более интенсивной полоса 800 см^{-1} . Вообще в интервале $900-800 \text{ см}^{-1}$ конфигурация ИК-спектров непрозрачных образцов упрощается за счет исчезновения серии небольших полос.

Анализируя направленность этих изменений, можно заметить, что снижается интенсивность полос деформационных и валентных колебаний С-Н в группах CH_2 и CH_3 , а увеличивается интенсивность полос различных непредельных связей. Полосы поглощения кислородных соединений почти не меняют интенсивности. Существенных отличий в ИК-спектрах проанализированных образцов ископаемых смол Дальнего Востока (Сахалин) по сравнению с сибирскими образцами мы не отметили [49].

Таким образом, по особенностям ИК-спектров изученные разновидности ископаемых смол подобны геданиту Балтийско-Днепровской янтареносной провинции [13]. Среди образцов ископаемых смол, найденных в пределах Хатангской впадины по особенностям ИК-спектров, кроме того, могут быть выделены две разновидности ретинита (янтардахского и бегичевского типа) [16]. Последние характеризуются наличием полосы довольно сильного поглощения в области $980-1300 \text{ см}^{-1}$, с преобладанием пика 1030 см^{-1} , соответствующего колебаниям связей типа С-О-С и С = О в альдегидах, сложных эфирах и ОН в карбоновых кислотах.

4.2.9 Химический элементный состав

Ископаемые смолы Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций, по нашим данным, в целом характеризуется весьма ощутимыми колебаниями состава основных элементов. Результаты авторских анализов 15 образцов ископаемых смол, найденных на проявлении Амдерма (Югорский полуостров), а также 15 образцов ископаемых смол, найденных на о. Сахалин [49], представлены в таблицах 4.21 и 4.22. Анализируя полученные результаты, устанавливаем некоторые отличия в составе ископаемых смол из различных регионов изученных нами провинций.

Процентное содержание углерода по отдельным образцам для смол Югорского полуострова составляет 79,47-82,38%, при среднем его содержании 80,60%. Количество водорода колеблется от 10,10 до 11,77% (в среднем 10,98%). Величина отношения углерода к водороду колеблется от 6,80 до 8,03, составляя в среднем 7,32. Сера присутствует не во всех изученных образцах, а значимые ее содержания могут достигать лишь 0,05%. Содержание кислорода, имеющее большое значение для диагностики ископаемых смол, лежит в пределах 5,57-8,92% (в среднем 7,62%).

Ископаемые янтареподобные смолы Хатангской впадины, по данным С.С.Савкевича и Т.Н.Попковой [40], представленным также в работе последней [16], характеризуются следующими значениями содержания основных элементов: углерода – 80,83-81,76% (среднее – 81,29%), водорода – 11,09-11,60% (среднее – 11,34%); отношение углерода к водороду колеблется в пределах 7,04-7,28 (в среднем – 7,16); сера фиксируется не во всех образцах, значимые количества не превышают 0,52%; кислорода – 6,66-7,04% (среднее – 6,85%).

Ископаемые смолы Дальневосточной янтареносной провинции, изученные нами на примере образцов, найденных в центральной и восточной частях о. Сахалин, в свою очередь характеризуются содержанием углерода в пределах 78,12-80,50%, при среднем значении 79,32%, водорода – 9,03-10,95%, при среднем значении 10,23%, отношением углерода к водороду – 7,13-8,89, в среднем – 7,78; серы – до 0,10%, по-прежнему обнаруживаемой не во всех пробах, и более высоким содержанием кислорода – 8,65-10,88%, при среднем значении 9,97%.

Таблица 4.21 – Химический элементный состав ископаемых смол Северной Сибири, данные автора

№	Шифр пробы	Характеристика янтаря	Содержание, %					C\H
			C	H	S	N	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	91/113	Темно-желтый, прозрачный	80,54	10,56	отс.	не опр.	8,90	7,62
2.	91/115	Лимонно-желтый, дымчатый	79,47	11,61	отс.	не опр.	8,92	6,84
3.	91/116	Медово-желтый, бастард	80,11	10,99	отс.	не опр.	8,90	7,29
4.	91/118	Ярко-желтый, дымчатый	81,97	11,57	отс.	не опр.	6,46	7,08
5.	91/119	Восково-желтый, бастард	80,41	11,47	отс.	не опр.	8,12	7,01
6.	93/34	Буро-желтый, непрозрачный	80,46	10,29	0,03	1,23	7,99	7,82
7.	93/37	Светло-желтый, непрозрачный	79,49	10,52	0,02	1,42	8,55	7,55
8.	93/38	Медово-желтый, прозрачный	81,23	10,27	0,02	1,16	7,32	7,39
9.	94/17А	Светло-желтый, прозрачный	79,83	11,74	0,05	1,12	7,26	6,80
10.	94/18А	Желто-коричневый, непрозрачный	79,59	11,55	0,04	1,07	7,75	6,89
11.	94/19А	Желто-бурый, непрозрачный	79,56	10,67	0,05	1,28	8,44	7,45
12.	95/10А	Красно-коричневый, бастард	81,57	11,36	0,01	1,39	5,67	7,18
13.	95/7А	Красно-коричневый, непрозрачный	80,37	10,10	0,03	1,10	8,40	7,95
14.	95/8А	Светло-желтый, прозрачный	82,07	11,77	0,01	1,38	5,57	6,97
15.	95/9А	Темно-коричневый, непрозрачный	82,38	10,25	0,04	1,31	6,02	8,03

Таблица 4.22 – Химический элементный состав ископаемых смол Дальнего Востока, данные автора

№	Шифр пробы	Характеристика янтаря	Содержание, %					С\Н
			С	Н	S	N	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	91/121	Темно-коричневый, непрозрачный	78,57	10,76	0,10	не опр.	10,57	7,30
2.	91/122	Красно-коричневый, непрозрачный	79,58	10,03	0,07	не опр.	10,32	7,93
3.	91/123	Медово-желтый, дымчатый	78,41	10,93	0,08	не опр.	10,58	7,17
4.	91/125	Светло-желтый, прозрачный	78,32	10,76	0,07	не опр.	10,85	7,27
5.	91/127	Ярко-желтый, прозрачный	78,72	10,93	0,08	не опр.	10,27	7,20
6.	92/34	Бело-желтый, непрозрачный	78,34	10,71	0,08	не опр.	10,87	7,31
7.	92/35	Темно-желтый, прозрачный	79,59	10,25	0,09	не опр.	10,07	7,76
8.	92/36	Светло-красный, непрозрачный	79,81	10,35	0,07	не опр.	9,77	7,71
9.	92/37	Желто-белый, непрозрачный	78,90	10,77	0,06	не опр.	10,27	7,32
10.	92/38	Бело-желтый, непрозрачный	78,12	10,95	0,05	не опр.	10,88	7,13
11.	93/40	Желто-бурый, дымчатый	80,38	9,83	отс.	1,14	8,65	8,17
12.	93/41	Темно-красный, прозрачный	80,09	9,13	отс.	1,37	9,41	8,77
13.	94/37С	Светло-желтый, прозрачный	80,28	9,03	отс.	1,33	9,36	8,89
14.	94/38С	Буровато-желтый, бастард	80,29	9,82	отс.	1,24	8,65	8,17
15.	94/40С	Желто-белый, непрозрачный	80,50	9,25	отс.	1,20	9,05	8,70

Зольность ископаемых смол различная – в среднем 0,35% (Амдерма, Сахалин), иногда до 2,44% (Сахалин). У некоторых зерен зольность отсутствует. Исследование золы полуколичественным спектральным анализом показало присутствие в ней следующих элементов-примесей: кальция, магния, кремния, алюминия, железа, марганца, меди, а также никеля, кобальта, хрома, ванадия, титана, циркония, свинца, бора [49]. Полученные данные совпадают со сведениями о содержании элементов-примесей в живице современных хвойных деревьев. По-видимому, обнаруженные элементы-примеси участвовали в физиологических процессах, сопровождавших рост и развитие ископаемых янтареносных хвойных.

Как уже отмечалось, существенное значение для характеристики химического состава ископаемых смол имеет содержание янтарной кислоты – $C_4H_6O_4$. В продуктах сухой перегонки образцов ископаемых смол Северо-Сибирской и Дальневосточной провинций янтарная кислота нами не обнаружена, но, по данным В.С.Трофимова [14], содержание янтарной кислоты в образцах ископаемых смол Дальнего Востока (Приморье, Сахалин) в некоторых случаях может достигать 0,66%.

4.2.10 Включения

Ископаемые смолы, распространенные в пределах Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций, довольно часто содержат разнообразные минеральные и органические включения. Включения в ископаемых смолах Северной Сибири (Хатангская впадина), представленные насекомыми и паукообразными, довольно подробно описаны В.В.Жерихиным и И.Д.Сукачевой [50]. В рамках настоящего исследования изучение фауны беспозвоночных в янтареподобных ископаемых смолах названных провинций не проводилось в связи с отсутствием в образцах, имевшихся в нашем распоряжении, включений подобного рода.

5 Проблемы диагностики, генезиса и практического использования ископаемых смол

5.1 Сравнительная характеристика ископаемых смол

Проблема генезиса ископаемых смол, известных в границах Балтийско-Днепровской, Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций, тесно связана с вопросами их диагностики. Поскольку давно не вызывает сомнений тот факт, что в пределах даже одного проявления, как правило, совместно могут встречаться несколько минеральных видов смол, различающихся по свойствам и составу, а значит, и по возможности использования, остро назрела необходимость в проведении ревизии на этот счет ряда проявлений янтареподобных ископаемых смол [51]. Необходимы также большие статистические выборки детальных минералогических исследований смол, которые могут привести к открытию их новых видов, а в конечном итоге – к решению вопросов генезиса проявлений и прогноза территорий на янтареносность.

Применение физических и физико-химических методов анализа к познанию конституции аморфных органических минералов полимерного строения, в том числе и ископаемых смол, позволили С.С. Савкевичу [1] рекомендовать для этих целей ИК-спектрометрию (в основном в области частот $2000-400 \text{ см}^{-1}$), метод ЭПР (с чувствительностью не менее $1 \cdot 10^{13} \text{ г}^{-1}$ неспаренных электронов) при разных температурах, дериватографию на низких скоростях нагрева (порядка 3°C мин^{-1} и ниже), рентгенографию, химический элементный анализ, определение содержания элементов-примесей, янтарной кислоты и др. Позднее Т.Н. Соколовой [16] была показана целесообразность использования для диагностики янтареподобных ископаемых смол методов изучения их пластических и термических свойств. Наряду с классическими минералогическими исследованиями это позволяет диагностировать ископаемые смолы вплоть до определения вида (сукцинит, геданит, ретинит и т.д.).

Именно такой комплексный подход был использован автором данного исследования при изучении ископаемых смол Балтийско-Днепровской, Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций [52]. При этом для более точной минералогической идентификации образцов дополнительно проводилась сравнительная оценка полученных нами результатов с аналогичными, известными по литературным данным характеристиками ископаемых смол Пальмникенского [1, 3] и Клесовского [15, 17] месторождений, проявлений Югорского полуострова [13] и Хатангской впадины [16], точек находок

смола на Дальнем Востоке [14]. Результаты подобного сопоставления приводятся ниже.

Морфология, размеры, масса. Подавляющее большинство зерен ископаемых смол Беларуси, Северной Сибири и Дальнего Востока представляют собой обломки более крупных кусков, часть из которых характеризуется довольно высокой степенью окатанности и тонкой корочкой окисления, что затрудняет их генетическую интерпретацию. Сохранившиеся крупные куски по аналогии с образованиями Прибалтики и Украины можно разделить на наствольные и внутривольные. У белорусских образцов, так же как у аналогичных сибирских и дальневосточных образований, первичные капли сильнее деформированы, «сталактиты» невелики по размерам и имеют в поперечнике, как правило, свежий излом, натечные пластины тоньше, поверхность зерен несет на себе многочисленные следы транспортировки в виде борозд и углублений.

Таким образом, налицо визуально различимая степень деформированности образцов ископаемых смол Беларуси, Северной Сибири и Дальнего Востока, с одной стороны, и Прибалтики и Украины – с другой. На белорусских образцах почти отсутствуют отпечатки коры деревьев, древесных волокон и листьев, что свидетельствует о довольно значительной их транспортировке от мест первичного образования. Эта особенность может быть объяснена тем, что в Беларуси нами изучались образцы из четвертичных отложений, а в остальных регионах – из меловых, палеогеновых и неогеновых толщ. Но о том же говорит и размерная характеристика как белорусских, так и сибирских, и дальневосточных образцов. Вариации соотношения размеров и массы крупных, средних и мелких зерен весьма разнообразны, но в целом доля крупных образований в названных регионах намного меньше, чем в Прибалтике и Украине.

Оптические свойства. Цвет ископаемых смол Прибалтики варьирует в довольно широких пределах: от бледно-желтого, почти бесцветного, до красно-коричневого. В смолах Украины несколько преобладают желто-коричневые и коричневатокрасные оттенки, причем последние присутствуют как на Клесовском месторождении, так и в других местах и содержат в своем составе достаточно высокое (до 0,1%) количество железа. Цветовая гамма белорусского янтаря включает в себя практически все оттенки описанных разностей, за исключением голубоватых и зеленоватых (Прибалтика) и вишнево-красных (Украина). Для образцов Северной Сибири и Дальнего Востока в целом преобладают многочисленные переходные разности желтого и желто-коричневого цветов.

Степень прозрачности изученных образцов ископаемых смол всех проявлений варьирует от совершенно прозрачного до непрозрачного. Она зависит от количества, размеров и распределения в нем пузырьков воздуха, наличия механических примесей других веществ и степени выветривания. По текстурным особенностям существенных различий в образцах Балтийско-Днепровской, Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций не установлено. Результаты изучения тонких особенностей текстуры ископаемых смол по данным электронной микроскопии могут быть сведены к следующему:

1. Прозрачные разновидности янтаря характеризуются наличием небольшого количества отдельных мелких пустот, размером от 0,00005 до 0,0025 мм, и, как правило, отсутствием каких-либо иных включений. Форма пустот округлая, довольно правильная, границы контактов четкие, ясные. Иногда отмечаются незначительные редкие трещины, которые не препятствуют свободному прохождению светового потока.

2. Внутреннее строение полупрозрачных зерен несколько сложнее: пустоты могут иметь большие размеры (от 0,0010 до 0,01 мм), группироваться в скопления неправильной формы или образовывать линейные прожилки. Форма пустот близка к эллипсоидальной, границы контактов чаще размыты. Иногда отмечаются небольшие хлопьевидные включения, природа которых неясна. Последние, равно как и небольшие трещины, наблюдаемые в янтаре, значительно усложняют прохождение света через образец.

3. Непрозрачные образцы янтаря характеризуются наиболее сложным внутренним строением: пустоты имеют большие размеры (от 0,0025 до 0,05 мм), число их очень велико, почти всегда они сгруппированы в скопления и прожилки, границы пустот размыты; выделяются включения хлопьевидной формы, природа которых остается неясной, и большое количество внутренних трещин. Взаимосочетания всех этих элементов настолько сложны и разнообразны, что выделить какие-то характерные признаки или закономерности часто не представляется возможным.

Цвет черты у всех сопоставляемых разновидностей одинаков. Неокисленные образцы имеют белую или светло-желтую черту, окисленные – желто-коричневую до красноватой. Густота окраски возрастает с повышением степени окисления и мощности реакционной корочки. Блеск у большинства образцов стеклянный, жирный, у костяных и пенистых разновидностей – восковой, реже матовый. Иногда разные стороны даже одного куска имеют неодинаковый блеск. Различий блеска у образцов из различных регионов не наблюдается. Спектр люминесценции янтаря Прибалтики и Украины характеризуется широкой полосой

испускания в области 390-610 нм. Спектрально-кинетические исследования фотолюминесценции белорусских, сибирских и дальневосточных образцов определили наличие в спектрах полос с длинами волн от 435 до 560 нм, т.е. их спектры люминесценции почти не отличаются от прибалтийских и украинских.

Механические свойства. По показателям твердости и хрупкости, особенностям излома, трещиноватости и отдельности образцы различных регионов Балтийско-Днепровской янтареносной провинции идентичны друг другу. Колебания микротвердости, например, у белорусских образцов составляют 22,10-30,40 кг/мм², а средние значения для различных зерен находятся в еще более узких границах – от 25,30 до 26,90 кг/мм². Средние значения у сукцинита Прибалтики варьируют от 20,0 до 27,0 кг/мм², т.е. данные по изученному янтарию Беларуси, включая археологический, вписываются в пределы колебаний твердости сукцинита Прибалтики. Пластичность (хрупкость) исследуемых образцов (число хрупкости 200 г и более) позволяет характеризовать их как вязкие, что также соответствует образцам Прибалтики и Украины. У окисленных разностей этот показатель снижается до 150 г, а у археологических образцов – до 120 г.

В то же время образцы ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока по одному из этих показателей имеют существенные отличия от смол Балтийско-Днепровской провинции. Если пределы колебаний твердости образцов этих регионов лежат в области от 20,8 до 29,1 кг/мм², а средние значения для различных зерен колеблются в границах от 23,5 до 26,5 кг/мм², то хрупкость их варьирует в очень широких пределах. Число хрупкости неизменных прозрачных и полупрозрачных разностей ископаемых смол Амдермы составляет 50-85 г, возрастая у непрозрачных до 75-120 г. Для образцов Сахалина, не подвергшихся процессам окисления, оно колеблется от 50 до 100 г, понижаясь у окисленных разностей до 20-70 г. Таким образом, по данному показателю ископаемые смолы Балтийско-Днепровской провинции относятся к группе вязких смол, тогда как ископаемые смолы Северо-Сибирской и Дальневосточной провинций – к группе хрупких смол.

Плотность. По этому показателю значимых различий между неизменными разностями смол различных регионов каждой из рассматриваемых провинций не фиксируется. Различий между образцами ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции (0,98-1,13 г/см³) и Северо-Сибирской и Дальневосточной провинций (1,02-1,08 г/см³) по плотности нами также не обнаружено. Некоторое увеличение плотности отмечается лишь у сильно окисленных зерен при развитии процессов «залечивания» пор, причем это свойство присуще смолам всех провинций.

Рентгенография. Сравнение образцов Прибалтики, Беларуси, Украины, Северной Сибири и Дальнего Востока по параметрам радиального распределения атомной плотности (корреляционным функциям) и по рентгенометрическим характеристикам кристаллических включений свидетельствует об аморфной структуре ископаемых смол и отсутствии в них минеральных включений или других кристаллических фаз. Гало на рентгенограммах янтарей проявлений Балтийско-Днепровской провинции находятся в области углов рассеяния $11-20^{\circ}$, с максимумом $15-16^{\circ}$. На рентгенограммах ископаемых смол Северо-Сибирской провинции довольно уверенно фиксируются два гало в областях рассеивания $8-9^{\circ}$ и $22-24^{\circ}$. Более резким является первое гало, характерное для большинства видов янтареподобных ископаемых смол.

Электронный парамагнитный резонанс. Применяя метод ЭПР, было установлено наличие в ископаемых смолах Пальмникенского месторождения свободных радикалов в количестве $10^{14}-10^{16} \text{ г}^{-1}$ при ширине сигнала от 10 до 15 э. Концентрация парамагнитных центров в образцах Клесовского месторождения – в тех же параметрах, причем количество центров обусловлено наличием радикалов, которые образуются под действием свободного кислорода. Спектры ЭПР белорусских, сибирских и дальневосточных образцов характеризуются появлением после облучения интенсивного сигнала в виде синглетной линии ($g = 2,0036(\pm 5)$; $\Delta H = 33$ э), а концентрация спинов повышается на два порядка, достигая значений $3,6-3,7(\pm 1,1) \times 10^{19}$ сп/г. Рентгеновское излучение стимулирует разрыв связей в молекулах янтарной кислоты и образование свободных радикалов.

Термические свойства. Кривым ДТА сукцинита Прибалтики характерен широкий и сравнительно слабый эндоэффект, максимум которого смещается от 98 до 130°C (у белорусских образцов от 160 до 185°C). Этот эффект сменяется сравнительно сильным экзотермическим подъемом в области более высоких температур, который обрывается резким эндотермическим дублетом, в области температур $311-330^{\circ}\text{C}$ (у белорусских образцов от 320 до 340°C). Затем на кривых ДТА имеются два широких экзотермических эффекта в области температур $350-365^{\circ}\text{C}$ и $478-508^{\circ}\text{C}$ (для белорусских образцов соответственно $355-370^{\circ}\text{C}$ и $490-520^{\circ}\text{C}$), разделенных пологим эндоэффектом, максимум которого смещается от 400 до 425°C (для белорусских образцов от 395 до 420°C). Конец реакции находится в интервале $540-565^{\circ}\text{C}$ (у белорусских образцов в интервале $575-605^{\circ}\text{C}$). Кривые ДТА образцов из Клесовского месторождения характеризуются подобным же набором температурных эндо- и экзоэффектов.

Кривые ДТА образцов северо-сибирских ископаемых смол довольно сходны с описанными выше общей конфигурацией и положением

основных термических эффектов, но в положении ряда эффектов отмечается и определенная разница. Наиболее низкотемпературный широкий экзоэффект, возможно связанный с частичной межмолекулярной перестройкой, у прозрачных разновидностей сибирских смол имеет максимум около 150°C , в то время как у непрозрачных – 190°C . Максимум второго экзоэффекта в районе 290°C , отражающего процессы окисления смол, имеет одинаковое положение на обеих термограммах, но у непрозрачных разновидностей он значительно шире, так как процесс окисления начинается раньше – с 265°C (по сравнению с 285°C у прозрачных). При 330°C у прозрачных и при 340°C у непрозрачных образцов ископаемых смол начинается процесс плавления, отражающийся резкими эндоэффектами. Процесс плавления протекает сложно, сопровождается окислением продуктов плавления, о чем свидетельствует спектр эффектов в интервале $330\text{-}385^{\circ}\text{C}$, особенно сложный у прозрачных разновидностей смол. Термограммы ископаемых смол Сибири очень сходны с термограммами дальневосточных ископаемых смол, в частности сложным набором эффектов в интервале $300\text{-}400^{\circ}\text{C}$. Конец реакции находится в интервале $540\text{-}570^{\circ}\text{C}$.

Как было показано выше, намного более информативными для диагностики ископаемых смол являются не определение температуры плавления, а такие показатели, как температура размягчения (T_r) и температура течения (T_t). T_r белорусского янтаря приурочена к интервалу $120\text{-}180^{\circ}\text{C}$ (сукцинит Прибалтики – $130\text{-}170^{\circ}\text{C}$), а T_t – к интервалу $370\text{-}420^{\circ}\text{C}$ (сукцинит Прибалтики $370\text{-}410^{\circ}\text{C}$), т.е. по этим показателям, являющимся диагностическими, сопоставленные образцы сходны и принадлежат к термически относительно устойчивой группе вязких смол. Проведенные нами наблюдения поведения ископаемых смол в температурном поле позволили определить T_r для смол Сибири в интервале $110\text{-}140^{\circ}\text{C}$, для смол Дальнего Востока – в интервале $120\text{-}180^{\circ}\text{C}$, а T_t – для смол Сибири в интервале $150\text{-}190^{\circ}\text{C}$, для смол Дальнего Востока – в интервале $160\text{-}250^{\circ}\text{C}$, что характеризует их как термически неустойчивые разновидности, относящиеся к группе хрупких смол.

Инфракрасная спектроскопия. Инфракрасные спектры образцов белорусского, прибалтийского и украинского янтаря очень похожи между собой, состоят из набора одних и тех же полос поглощения и различаются лишь соотношением интенсивности этих полос. Описание и интерпретация ИК-спектров изученных разновидностей ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции, приводимые выше, позволяют утверждать, что применение этого метода квалифицированно подтверждает наличие в структуре исследуемых смол карбоксильных, перекисных, гидроксильных

и сложноэфирных функциональных групп, а также простых и двойных связей и в конечном итоге дают право диагностировать их как сукцинит.

По особенностям своих ИК-спектров изученные разновидности ископаемых смол Северной Сибири и Дальнего Востока подобны геданиту Балтийско-Днепровской провинции. Среди образцов ископаемых смол, найденных в пределах Хатангской впадины по особенностям ИК-спектров, кроме того, могут быть выделены две разновидности ретинита (янтардахского и бегичевского типа).

Элементный химический состав. Сравнение элементного состава янтарей Беларуси, Прибалтики и Украины показало в общем их схожесть по основным элементам (С, Н, О) и резкие различия по содержанию серы. В то же время соотношение углерода и водорода, являясь важным показателем для углеводородистых соединений, так же как и содержание серы, резко отличается у янтарей Беларуси и Прибалтики от аналогичных показателей, характерных для смол Украины. Янтарь Беларуси, при сопоставимых средних значениях основных элементов, характеризуется более значительными колебаниями состава. Так, например, содержание водорода колеблется от 9,62 до 11,70%, углерода – от 74,38 до 81,97%, кислорода – от 6,62 до 15,20%, в то время как колебания состава элементов у прибалтийского янтаря на 1-2% меньше. По содержанию серы янтарь Беларуси (среднее 0,43%) занимает промежуточную позицию между янтарем Прибалтики (среднее 0,26%) и Украины (среднее 1,20%), хотя отдельные пробы содержат серу в количестве до 1,18%. Зольность у образцов белорусского и прибалтийского янтаря низкая – 0,20-0,75%. Зольность янтаря Украины превышает эти значения и достигает иногда 8,67%.

В ходе анализа полученных результатов по смолам Северной Сибири и Дальнего Востока заметны отличия в составе ископаемых смол различных провинций. Процентное содержание углерода по отдельным образцам для смол Югорского полуострова составляет 79,47-82,38%, при среднем его содержании 80,60%. Количество водорода колеблется от 10,10 до 11,77%, в среднем составляя 10,98%. Величина отношения углерода к водороду колеблется от 6,80 до 8,03 (в среднем 7,32). Сера присутствует не во всех изученных образцах, а значимые ее содержания могут достигать лишь 0,05%. Содержание кислорода, имеющее большое значение для диагностики ископаемых смол, лежит в пределах 5,57-8,92%, в среднем составляя 7,62%. Ископаемые смолы Хатангской впадины характеризуются следующими значениями содержания основных элементов: углерода – 80,83-81,76% (среднее – 81,29%), водорода – 11,09-11,60% (среднее – 11,34%); отношение углерода к водороду колеблется в пределах 7,04-7,28 (в среднем – 7,16); сера фиксируется не во всех

образцах, значимые количества не превышают 0,52%; кислорода – 6,66-7,04% (среднее – 6,85%).

Ископаемые смолы Дальневосточной янтареносной провинции, изученные нами на примере образцов, найденных в центральной и восточной частях о. Сахалин, в свою очередь характеризуются содержанием углерода в пределах 78,12-80,50%, при среднем значении 79,32%, водорода – 9,03-10,95%, при среднем значении 10,23%, отношением углерода к водороду 7,13-8,89, в среднем – 7,78; серы – до 0,10%, по-прежнему обнаруживаемой не во всех пробах, и более высоким содержанием кислорода – 8,65-10,88%, при среднем значении 9,97%. Зольность ископаемых смол различная – в среднем 0,35% (Амдерма, Сахалин), иногда до 2,44% (Сахалин). У некоторых зерен зольность отсутствует.

В ископаемых смолах обнаруживается довольно широкий состав элементов-примесей, причем в смолах Прибалтики и Беларуси их несколько меньше, чем на Украине. В украинском янтаре присутствует иттрий, цирконий, свинец, цинк и некоторые другие элементы, которых в янтаре Прибалтики и Беларуси либо нет вообще, либо в количественном отношении значительно меньше. Исследование золы смол Северной Сибири и Дальнего Востока показало присутствие в ней кальция, магния, кремния, алюминия, железа, марганца, меди. Полученные данные совпадают со сведениями о содержании элементов-примесей в живице современных хвойных деревьев. По-видимому, обнаруженные элементы-примеси участвовали в физиологических процессах, сопровождавших рост и развитие ископаемых янтареносных хвойных.

Определенный интерес представляют результаты химического элементного анализа отдельных штуфов янтаря и покрывающей их реакционной корочки. Как правило, корочка отличается от внутренней свежей части штуфа ощутимым повышением содержания кислорода в ущерб главным образом содержанию углерода и водорода. Подобная картина наблюдается для смол всех провинций. В процессе окисления в янтаре возрастает количество кислорода, а количество остальных элементов уменьшается.

Существенное значение для характеристики химического состава янтаря имеет содержание янтарной кислоты – наиболее характерной особенности сукцината. Свободная янтарная кислота в прозрачных разностях янтаря Прибалтики либо отсутствует, либо ее содержание не превышает 3,20-4,50% (в белорусском янтаре – 3,47-3,95%). Колебания содержания янтарной кислоты в других разностях (полупрозрачные, непрозрачные, костяные, окисленные и т.д.) достигает значений от 3,20-4,50% до 8,22-9,44%. Отмечено, что количество янтарной кислоты

непостоянно не только в различных образцах, но даже в одном и том же образце в зонах неодинаковой степени окисленности. В продуктах сухой перегонки образцов ископаемых смол Северо-Сибирской и Дальневосточной провинций янтарная кислота нами не обнаружена.

Включения. В образцах ископаемых смол включения являются ценнейшим материалом для восстановления полноты геологической летописи отдельных регионов Земли, где в мел-палеогеновое время произрастал «янтарный» лес. Включения в смолах выгодно отличаются от отпечатков в осадочных породах и помогают лучше понять и объяснить условия захоронения смол, определить климатические условия времени их образования и газовый состав атмосферы того периода. В образцах ископаемых смол, распространенных в пределах Балтийско-Днепровской янтареносной провинции включения отмечаются в виде минеральных зерен, газовой-жидкой фазы или одного вида янтаря в другом [53].

Минеральные включения отмечаются в виде кварцево-кальцитовых зерен, глинисто-битуминозных образований и сильно разложившихся небольших зернышек пирита. Кварц и кальцит встречаются, как правило, совместно, образуя округлые мелкозернистые скопления беловато-серого цвета, размерами до 1-2 мм в сечении. Янтарь в этих двух случаях всегда трещиноватый и слегка замутненный. Глинисто-битуминозное вещество, включенное в янтарь, черного цвета, вязкое и хрупкое. Иногда вязкий битум выстилает тончайшей пленочкой стенки пустот до 0,5-0,7 мм в диаметре, заполняет клиновидной формы трещинки в янтаре и засоряет округлыми коллечками прозрачные разности янтаря. Отдельные пластинки и зернышки пирита сильно ожелезнены и окислены. Приурочены они к плоскостям небольших янтарных натеков и к образцам полупрозрачного янтаря.

Газово-жидкие включения редки. Они округлой и эллипсоидальной формы, размером не более десятых долей мм. Содержание кислорода в газовых пузырьках 30-32%, против 21% в современной атмосфере. Постоянно присутствуют азот, окись углерода, водород, аргон, криптон, ксенон и гелий. Распространены кремово-белые и молочно-желтые разности янтаря с обилием мельчайших (до 0,001-0,002 мм) газовых включений, создающих заметную полупрозрачность образца. Информативны концентрические узоры на свежем сколе янтаря, обусловленные замкнутым распределением неодинаковых по величине и густоте включений, которые отчетливо видны даже невооруженным глазом. В виде единичных находок отмечаются пузырьки со свободно перемещающейся жидкостью эллипсоидальной (несколько сплюснутой) формы, величиной не более 0,5 мм, и включения, сгруппированные около остатков различных организмов.

Включения одного вида янтаря в другом встречаются довольно часто, заполняя при этом трещины и пустоты. Контакты между ними четкие. «Смола в янтаре» отмечена бастардными и дымчатыми разностями в прозрачном янтаре светло-желтого, желтого и желтовато-коричневого цветов. При полировке такие образцы характеризуются более эффектными декоративными особенностями, придающими янтарю необычайно красивый облик, а потому с успехом могут быть использованы как ценное сырье для изготовления ювелирных изделий.

Ископаемые смолы богаты растительными включениями и их остатками (споровые, голосеменные, покрытосеменные). В янтарях отмечены, в основном в виде включений, кусочки разложившейся коры буро-коричневого и черного цветов, отдельные части древесины с характерным волокнистым строением, иголки хвойных растений и семян и фрагменты листьев. Встречаются они в прозрачных и полупрозрачных разностях и представляют собой интерес для дальнейших исследований. В силу сильной степени разложения видовой состав растений определить чрезвычайно сложно, и исследования в этом направлении продолжаются. Органические включения, представленные насекомыми и паукообразными, довольно подробно описаны В.И.Катиным [3].

Ископаемые смолы, распространенные в пределах Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций, также довольно часто содержат разнообразные как минеральные, так и органические включения [54]. Включения в ископаемых смолах Северной Сибири (Хатангская впадина), представленные насекомыми и паукообразными, довольно подробно описаны В.В.Жерихиным и И.Д.Сукачевой [50].

В рамках настоящего исследования изучение фауны беспозвоночных в янтареподобных ископаемых смолах названных провинций нами не проводилось в связи с отсутствием в образцах, имевшихся в нашем распоряжении, включений подобного рода. Однако, говоря о включениях в белорусских ископаемых смолах из четвертичных отложений, необходимо отметить, что животные включения впервые удалось обнаружить в трех образцах прозрачного натечного янтаря медово-желтого и светло-желтого цвета, найденных в пределах проявления Гатча-Осово. Представители класса насекомых принадлежат к отряду двукрылых (семейства комары-долгоножки, мошки и болотницы) и отряду перепончатокрылых (семейство муравьи настоящие). Они характеризуются хорошей степенью сохранности, близкой к идеальной, и, по данным В.И.Назарова [47], имеют много общего с прибалтийскими находками, среди которых В.И.Катиным [3] описано множество ископаемых видов: двукрылых, перепончатокрылых, чешуекрылых, стрекоз, муравьев и др.

Резюмируя вышеизложенное, можно с уверенностью говорить о том, что проведенные исследования по изучению минералогии ископаемых смол Балтийско-Днепровской, Северо-Сибирской и Дальневосточной провинций позволяют выявить как отличительные особенности, присущие смолам каждой из провинций, так и черты сходства между всеми разновидностями ископаемых смол. Проведенный комплекс исследований физических и химических особенностей ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции [12, 35, 52] позволяет однозначно диагностировать их как янтарь (сукцинит), являющийся, таким образом, наиболее распространенной разновидностью ископаемых смол в Северной и Восточной Европе.

Янтареподобные ископаемые смолы Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций по комплексу своих характеристик имеют мало общего с сукцинитом [48, 49, 52] и представлены хрупкими разновидностями – ретинитами, не имеющими ювелирной ценности, но в определенной степени представляющими интерес для химической промышленности. Балтийско-Днепровскую и Северо-Сибирскую янтареносные провинции в какой-то степени сближают находки в их пределах янтареподобных ископаемых смол, известных под названием геданит, которые в Северной Сибири имеют, по-видимому, гораздо более широкое распространение, чем в Прибалтике.

5.2 Критерии прогноза янтареносности

Геологические предпосылки и поисковые критерии проявлений ископаемых смол, используемые в прогнозных исследованиях, основываются на знании особенностей их строения и закономерностей размещения. В связи с тем, что накопление ископаемых смол в земной коре определяется совместным действием тектонического, геоморфологического, стратиграфического, литологического и минералогического факторов, основные критерии поисков и прогноза месторождений и проявлений ископаемых смол в целом можно считать аналогичными [55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67].

Тектонические критерии определяют локализацию месторождений ископаемых смол вдоль границ крупных структурных элементов. Например, крупнейшее в мире месторождение янтаря в Калининградской области России приурочено к западной части Балтийской синеклизы, охватывающей побережье Балтийского моря (рисунок 5.1). Платформенный чехол синеклизы залегает на докембрийском кристаллическом фундаменте, сложенном магматическими и метаморфическими породами.

Фундамент имеет глыбово-блоковое строение, в основании блоков находятся архейско-протерозойские жесткие массивы. В строении платформенного чехла западной части Балтийской синеклизы выделяются четыре структурных этажа: вендско-кембрийский, кембрийско-нижнедевонский, девонско-карбонный и пермь-неогеновый, по времени проявления соответствующие байкальскому, каледонскому, герцинскому и альпийскому этапам тектогенеза в складчатых областях, окружающих Восточно-Европейскую платформу. Мощность платформенного чехла изменяется от нескольких до 4500 м. Большое значение в структуре Балтийской синеклизы имеют разломы, разбивающие кристаллический фундамент и платформенный чехол.

По данным Б.И. Сребродольского [15, 25, 61] и С.Г. Краснова [32, 57, 58], Самбийский полуостров и его подводное основание представляют собой приподнятый тектонический блок, расположенный в южном борту Балтийской синеклизы. Блок сопряжен с аналогичным поднятием в кристаллическом фундаменте. Структура Самбийского блока окончательно оформилась в процессе альпийского тектогенеза. Прямолинейность отдельных отрезков современного побережья Балтийского моря обусловлена тектоническим строением территории: северный берег Покровской бухты и практически ровный участок побережья к северу от нее проходят по линии разлома.

Главнейшими тектоническими элементами, с которыми связаны месторождения янтаря в Прибалтике, по данным этих авторов, являются разновозрастные прогибы северо-восточного простирания, заполненные отложениями прусской свиты. Приуроченность к ним основных скоплений смол была установлена еще в прошлом веке. Наличие таких прогибов вместе с поднятиями, их ограничивающими и примыкающими к ним, подтверждает ведущую роль наложенного постседиментационного тектонического развития в современном структурном плане прусской свиты, что фиксируется по кровле и подошве «голубой земли». Прослеживается четкая связь между отложением «голубой земли» и содержанием в ней янтаря, с одной стороны, и рельефом кровли «голубой земли» – с другой. Максимальные мощности «голубой земли», как и повышенные концентрации янтаря, приурочены к сводам и склонам поднятий, где также отмечаются минимальные мощности вскрышных пород.

Тектоническим строением территории обусловлено также положение полосы янтареносных отложений палеогена, простирающийся вдоль северного борта Украинского щита через западную часть Подляско-Брестской впадины, Полесской седловины, западную часть Припятского прогиба, образующей в позднеэоценовое время пролив, по которому

происходило соединение палеогеновых морей Западной и Восточной Европы. Тектонический фактор здесь проявляется и в приуроченности месторождений янтаря, отдельных залежей или их участков к определенным тектоническим элементам. Детализация этого положения позволяет выделить новый поисковый признак месторождений ископаемых смол. Приуроченность месторождений и проявлений, например, к южной части Полесской седловины в Беларуси относится к рангу локальных критериев и может быть использована уже применительно в решении задач локального прогноза янтареносности в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины [67].

Геоморфологические критерии, определяя связи рельефа с геологическими структурами, позволяют восстанавливать историю развития рельефа и условия формирования янтаресодержащих отложений, т.е. производить палеогеографическую реконструкцию территории в определенный промежуток времени, выявляя участки с возможными скоплениями ископаемых смол. Особенно велико значение палеорельефа – фактора, способствующего накоплению янтаря. Большое значение при поисках янтаря имеет также выявление в погребенном рельефе эрозионных выступов и структур обрамления кристаллического фундамента палеоген-неогеновыми отложениями. Зоны таких обрамлений могут оказаться местами накопления янтаря. В воспроизведении палеогеографических условий немаловажное значение имеют установление состава терригенных отложений и определение областей их сноса. Реконструкция подобного рода, произведенная для территории юга Беларуси, показала, что снос терригенного материала происходил с юга и северо-запада, соответственно с Украинского щита и Микашевичско-Житковичского выступа кристаллического фундамента. Важность геоморфологических критериев определяется также и тем, что большое значение приобретает анализ характера рельефа для выделения бассейна седиментации и картографирования палеodelьт древних рек. Направление водных потоков четко фиксируется, например в районе Микашевичско-Житковичского янтарепроявления в Беларуси.

Стратиграфические критерии играют большую роль в поисках месторождения янтаря. Они являются основополагающими именно потому, что с палеогеновыми породами связаны и самые крупные в мире месторождения: Пальмникенское и Приморское в Калининградской области России, Клесовское в Ровенской области Украины. Только в палеогеновое время существовали условия, благоприятные для накопления высококачественного янтаря (сукцинита): в хвойных лесах происходило обильное выделение смолы с последующим превращением ее в янтарь. В отложениях других геологических эпох скопления ископаемой смолы

приурочены к породам, сформировавшимся в иной фациальной обстановке. Как правило, такие ископаемые смолы заметно отличаются по своему составу и свойствам от янтаря (сукцинита). Так, в отложениях Сибири они представлены геданитом и ретинитами, мало пригодными для производства ювелирных изделий вследствие повышенной хрупкости. В связи с этим картографирование янтаресодержащих отложений в стратиграфическом разрезе и прослеживании их по площади является одной из главных задач геолого-поисковых работ. Выполнение данной задачи обычно проводится с привлечением комплекса палинологических и карпологических исследований, оказывающих существенную помощь в определении относительного возраста пород. Недооценка этих исследований может быть одной из причин ошибочного заключения о перспективности янтареносности всей территории.

Литологические критерии размещения месторождений янтаря предопределяются тектоническим режимом, в котором происходило осадконакопление, рельефом дна бассейна осадконакопления, обусловленным особенностями палеотектоники и палеогеоморфологии данной территории. Связь повышенных концентраций янтаря в породе с особенностями ее состава и положением в геологическом разрезе была подмечена давно. При определении литологического фактора большую помощь оказывает структурно-фациальный метод, который основывается на существовании в земной коре устойчивых парагенетических ассоциаций горных пород, именуемых формациями. Месторождения янтаря связаны генетически с терригенно-глауконитовой формацией, на территории Прибалтики и Беларуси чаще всего перекрываемой бурогольной формацией позднего олигоцена – неогена. Более того, в этих районах наличие бурогольной формации над палеогеновыми отложениями является одним из поисковых критериев. Геологические разрезы янтареносных отложений часто довольно однообразны. В них выявляется закономерное присутствие глинисто-песчаных и гравийных отложений. Янтаресодержащая порода в наиболее богатых месторождениях и разрезах перспективных площадей представляет собой глауконитово-кварцевый песок – ожелезненный, зеленовато-серый или светло-зеленый с включениями гравийных зерен кварца. Для породы характерно присутствие сложного силиката – глауконита, придающего ей зеленовато-голубоватый оттенок. Янтарь концентрируется в нижней части разреза – в так называемой «голубой земле», которая на территории Беларуси характеризуется также аномальными концентрациями рутила, ильменита и циркона.

Минералогические критерии в первую очередь включают присутствие глауконита во всех янтарепроявлениях, приуроченных к

морским лагунно-дельтовым отложениям. Совместное нахождение янтаря и глауконита объясняется тем, что в заключительные этапы трансформация ископаемой смолы в янтарь и образование глауконита происходили в одной и той же окислительно-восстановительной обстановке. Глауконит в осадочных породах распространен значительно шире, чем янтарь. В связи с этим возрастает роль типоморфных особенностей глауконита, т.е. тех его свойств, которые присущи глаукониту, отложившемуся вместе с янтарем. Особенностью глауконита, отложившегося вместе с янтарем, является его состав: глауконит из месторождений янтаря безнатриевый, с повышенным содержанием железа (до 20%) и калия (до 7%). Некоторые микроэлементы в глауконите (титан, кобальт, хром, цирконий и стронций) сорбированы либо связаны с тонкой примесью ильменита, циркона, граната, пирита и указывают в основном на состав источников сноса. Янтареносные палеогеновые отложения Балтийско-Днепровской провинции маркируют этап образования цеолитов, в связи с чем их можно рассматривать как комплексное сырье. Таким образом, обнаружение в осадках глауконита может рассматриваться как прогнозный критерий при поисках янтаря.

Косвенные поисковые критерии на янтарь включают топонимику, исторические сведения и археологические находки. Топонимические наименования весьма устойчивы в народе и часто довольно точно отражают не только наиболее важные стороны жизни древнего человека, но и давние находки, добычу и использование им различных полезных ископаемых. Интенсивное применение янтаря для изготовления из него украшений и культовых предметов послужило причиной проникновения его в топонимические наименования. Вполне понятно, что применение топонимических признаков при поисках янтаря должно производиться с учетом различных вариантов произношения этого слова на языках коренного населения, проживающего в определенном районе в давние времена.

Можно привести целый ряд примеров географических объектов, получивших свое название от находящегося вблизи проявления ископаемых смол: с. Бурштынова Гура в Польше; г. Бурштын в Ивано-Франковской области Украины; п. Янтарный в Калининградской области России; участок Янтардах в пределах Хатангской впадины в Северной Сибири [15]. Однако, используя топонимические наименования в поисковых целях, не следует забывать, что географическое название может быть обусловлено не только местонахождением или находкой янтаря, но и какими-то другими причинами. Сведения о ранее известных и разрабатываемых месторождениях янтаря могут сохраниться не только в названиях, но и в исторических материалах, а также в виде

археологических находок, имеющих непосредственное отношение к янтарному промыслу. Эти критерии хотя и относятся к категории косвенных поисковых признаков, но имеют как региональное, так и локальное значение.

Рассматривая вопросы генезиса янтаря и его залежей, необходимо иметь в виду ряд аспектов этой проблемы. Во-первых, требуют выяснения особенности накопления ископаемых смол в палеогеновых отложениях, а во-вторых, образование проявлений и месторождений в антропогеновой толще. При решении этих проблем следует учитывать свойства характеризуемого самоцвета (низкая плотность, хрупкость, небольшая твердость, наличие большого количества пустот и т.д.), которые обуславливают весьма специфические условия его концентрации, встречающиеся в природе весьма редко.

Анализ материалов по янтарености Беларуси [4, 5, 6, 7, 10, 12, 35, 36, 62, 64, 65, 66, 67] позволил установить ряд критериев поиска и прогноза как для палеогеновых, так и для четвертичных отложений, которые характерны в целом для всей Балтийско-Днепровской провинции. Для выявления и оценки янтарености палеогеновых отложений необходимы все рассмотренные выше прогнозные критерии. Локальная оценка территории в разрезе поисков площадей янтаренакоплений и выявления месторождений должна быть основана на литологических, тектонических и геоморфологических критериях, разработанных в результате глубокого анализа и разностороннего изучения комплексных материалов специализированных исследований. При этом предусматривается широкое использование материалов литолого-фациального анализа с построением разномасштабных карт (литолого-фациальных и палеогеографических) для регионального и локального прогноза.

Для четвертичных площадей янтаренакопления основная роль принадлежит геоморфологическому и тектоническому критериям, определяющим расположение россыпей янтаря по площади. Кроме того, важным является также присутствие янтареносных отложений палеогенового возраста вблизи площадей локализации янтаря в четвертичных отложениях. Основное количество находок янтаря и янтарепроявлений приурочено к зонам размыва янтареносных отложений палеогена, что свидетельствует о разрушении значительной части палеогеновых россыпей, которые затем аккумуляровались в различных частях антропогенового разреза. Для четвертичных россыпей белорусского янтаря определяющими критериями янтарености, имеющими одинаковую значимость, являются наличие в областях сноса янтареносных

отложений и существование отрицательных форм рельефа в пределах областей аккумуляции.

В тектоническом отношении перспективные на выявление янтаря в антропогене площади чаще всего приурочены к зонам сочленения тектонических структур первого и второго порядка. Наиболее перспективная в стране Полесская площадь расположена на юге восточной части Подляско-Брестской впадины, в зоне сочленения Мухавецкой и Рытской неотектонических зон. Анализируя особенности строения осадочного чехла в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины, нельзя не отметить тесную связь между размещением конечно-моренных образований и гляциодислокаций, с одной стороны, и глубинным строением этой территории – с другой. В связи с этим необходимо учитывать роль гляциодислокаций, т.к. в них могут включаться палеогеновые породы содержащие янтарь.

Здесь же (западная часть Белорусского Полесья) выявлено большинство ложбинообразных понижений в рельефе коренных пород, которые локализованы в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины. В геоморфологическом отношении все площади янтареносных отложений приурочены к зандрово-озерно-аллювиальной равнине Брестского Полесья (Гатча, Осово, Каташи) и аллювиальной равнине Припятского Полесья (Оброво). К этому геоморфологическому району приурочено наибольшее количество (более сотни) находок янтаря на дневной поверхности. Следовательно, наилучшие условия для скопления переотложенного янтаря создаются в районах, где соседствуют зандры и озерно-аллювиальные равнины.

Помимо отмеченных выше критериев, имеющих первостепенную важность, в определенной степени значимой является связь янтареносности с определенными генетическими типами четвертичных отложений. Изучение распределения находок янтаря по разрезу показывает четкую приуроченность их к двум генетическим типам пород – флювиогляциальным и озерно-аллювиальным, причем содержание находок во флювиогляциальных песках и песчано-гравийных смесях уменьшается вверх по разрезу из-за многократного размыва и переотложения. На наш взгляд, дополнительный интерес на сегодняшний день должно вызывать весьма неравномерное распределение находок янтаря в моренах различного возраста, а также в межледниковых отложениях, заслуживающих самого пристального внимания для дальнейших исследований как места возможного скопления янтаря.

В настоящее время существуют две основные генетические концепции, пытающиеся объяснить сложный механизм образования

янтарных залежей, их разрушения и переноса к местам нынешнего нахождения на территории Беларуси. Вкратце они сводятся к следующему.

В палеогене янтарь разносился морскими течениями из районов известных месторождений в Прибалтике по всей территории Балтийско-Днепровской янтареносной провинции. При наличии благоприятных условий могли формироваться более или менее значительные скопления этого самоцвета в палеогеновой толще и на территории юго-западной Беларуси. Затем, в антропогеновое время, под воздействием ледников янтарь был переотложен с образованием скоплений и залежей во флювиогляциальных и озерно-аллювиальных отложениях. В этом случае состав и свойства ископаемых смол из четвертичных отложений Беларуси должны быть близки соответствующим показателям янтара Прибалтики.

Вынос янтара мог осуществляться с суши в северо-западной части Украины. Повторное и многократное переотложение еще в палеогене обусловило разрушение неустойчивых разностей смол, что привело к формированию менее богатых залежей (Клесовское месторождение), чем в Прибалтике. Во время четвертичных оледенений эти залежи эродировались и снова переотлагались. Таким образом и возникли все известные проявления янтара в четвертичных отложениях юго-западной Беларуси и северо-западной Украины. При подобном подходе состав и свойства белорусского янтара должны совпадать или приближаться к особенностям ископаемых смол Украины.

Характер распространения янтара в четвертичных отложениях юго-западной Беларуси в равной мере отвечает обоим представленным выше вариантам, т.е. по полученным данным трудно определить регион, с территории которого происходил снос ископаемых смол в палеогеновое время. Основными факторами, определяющими своеобразие распределения залежей этого вида сырья в четвертичных отложениях юго-западной Беларуси, являются: наличие областей распространения и размыва материнских янтареносных пород палеогена; приуроченность ископаемых смол к определенным генетическим типам четвертичных отложений (флювиогляциальным и озерно-аллювиальным); связь проявлений с особенностями геоморфологического строения территории (наилучшие условия для скопления ископаемых смол созданы в районах, где соседствуют зандры и озерно-аллювиальные равнины); приуроченность ископаемых смол к горизонтам, содержащим органические остатки, и др.

Наиболее вероятная модель условий образования янтарных россыпей в антропогеновом покрове Беларуси на основании полученных данных представляется следующим образом. Вынос янтара из коренных отложений прусской свиты в Прибалтике и ее аналогов на Украине

начался одновременно с их образованием в позднем эоцене и осуществлялся морскими течениями и реками. В неогеновое время они также размывались реками, а в антропогене – разрушались ледниками по всей территории Балтийско-Днепровской янтареносной провинции.

Ледники деформировали палеогеновые залежи, выпавшая из них янтарь, который оказался включенным в моренные валунные глины, суглинки и супеси. Распределение янтаря в моренных горизонтах, как правило, весьма неравномерное и достаточно бедное, поэтому эти отложения не имеют промышленного значения, но они являлись источником многочисленных россыпей, возникавших при их размыве тальными водами. При этом флювиогляциальными потоками янтарь, который обладает высокой плавучестью, разносился на большие площади и поэтому не образовал значительных скоплений в соответствующих отложениях. Более благоприятные условия для его накопления возникали в озерах, которые характеризовались относительно интенсивной седиментацией, благоприятным гидродинамическим режимом и существовали в перигляциальных областях. Иногда россыпи, сформировавшиеся на первых стадиях оледенения, в последующем подвергались деформации и частичному уничтожению под воздействием вновь надвигавшихся льдов.

Описанный механизм формирования янтарных россыпей в четвертичных отложениях Беларуси не противоречит общепринятым представлениям об особенностях строения и условиях образования этих отложений [68]. В заключение необходимо отметить, что выводы, полученные в результате проведения данного исследования, хорошо согласуются с позицией тех ученых, которые полагают, что ископаемые смолы в границах Балтийско-Днепровской янтареносной провинции представлены в основном сукцинитом [1, 3, 15, 17, 35]. Некоторые различия по свойствам и составу смол из разных проявлений в пределах этой провинции объясняются неодинаковыми условиями их захоронения и последующего преобразования. Подобное обстоятельство несколько затрудняет идентификацию смол, которая в принципе возможна лишь до определения вида (сукцинит), но не его точного местонахождения в границах названной провинции.

5.3 Технология промышленной переработки янтаря

Янтарное сырье с целью извлечения полезного компонента, его доводки и сортировки на отдельные классы подвергается обогащению на Калининградском янтарном комбинате АО «Русский Янтарь». Поскольку по своим свойствам белорусский и украинский янтарь во многом

аналогичен прибалтийскому, то естественно предполагать, что и процессы их обогащения будут сходными. Поэтому технология, используемая на Калининградском янтарном комбинате, может применяться при разработке залежей белорусских ископаемых смол (рисунок 5.2).

Процесс обогащения янтаря осуществляется в песчано-глинистых суспензиях плотностью 1,10-1,15 г/см³ на основе раствора хлористого натрия по следующей схеме (рисунок 5.3). Всплывший в основных и перечистных сепараторах янтарь вместе с другими легкими примесями и суспензией поступает на дренажные дуговые сита, промывается, обезвоживается и подается в доводочные барабаны. В доводочных барабанах производится удаление остатков вмещающей породы, растительных остатков, лигнита и части верхнего непрочного окисленного слоя с поверхности зерен янтаря. После доводки производится сушка янтаря до воздушно-сухого состояния с последующим грохочением и рассеиванием на три класса крупности.

Класс +32 мм направляется на ручную сортировку, а классы 8-32 мм и -8 мм после отделения древесной щепы, лигнита и промывки на шпальных ситах и сушки – на склад готовой продукции и далее для изготовления различных ювелирных и ювелирно-художественных изделий. Основной продукцией обогатительной фабрики является янтарь доведенный, т.е. янтарь, поверхность которого очищена от песчано-глинистой породы, промытый, высушенный, отсортированный по фракциям, полностью или частично освобожденный от корочки окисления.

Добытый янтарь подразделяется на уникальный, поделочный, пластинчатый, коллекционный, прессованный и лаковый. Далее по степени прозрачности выделяются сорта, причем каждый из них характеризуется соответствующей плотностью, зависящей от пористости, наличия минеральных и древесных включений, пузырьков воздуха и т.д. Колебания плотности составляют для янтаря прозрачного 1,040-1,080, полупрозрачного 1,030-1,070, непрозрачного 1,050-1,080, костяного 1,000-1,100, пенистого 1,000-1,040 г/см³. В этом плане физические константы белорусского янтаря, такие, как твердость (2,0-2,5), степень прозрачности и плотность (от 1,02 до 1,10 г/см³) практически не отличаются от янтаря прибалтийского, а меньшее количество примазок глинистых частиц и древесных остатков будут способствовать лучшей обогатимости сырья.

Отходы обогащения и потери с хвостами обогатительных сепараторов состоят из янтаря, механически увлекаемого тяжелой фракцией, зерен, которые имеют углубления и трещины, в результате чего плотность их выше плотности рабочей суспензии, и янтаря крупностью менее 2 мм, уносимых с подрешетными водами. Последнее предусматривается технологическим режимом обогащения.

В процессах добычи, транспортировки и обогащения часть зерен в зависимости от твердости, хрупкости и степени окисления дробится, причем белорусский янтарь превосходит прибалтийский в хрупкости, что нужно учитывать в процессе обогащения. Кроме того, следует иметь в виду, что размерная классификация белорусского янтара характеризуется достаточно высоким выходом мелких фракций (класс -8 мм составляет 32%) и, следовательно, технологически неизбежные потери янтара относящегося к классу -2 мм следует принимать во внимание в общем балансе технологической оценки качества янтара. Выход фракции +32 мм и более составляет 19,6%. Из фракций такой размерности, отобранных на проявлениях Гатча-Осово, Каташи и Микашевичи (все – Брестская область), были изготовлены по технологии Калининградского янтарного комбината различные ювелирные изделия, которые по своим декоративным и художественным особенностям практически не отличались от аналогичных изделий из балтийского янтара.

На поверхности мелких и средних зерен, как правило, всегда отмечаются трещинки, извилины, вмятины, бугорки и морщинки, а также довольно часто тонкий слой корочки окисления. Это делает экономически невыгодным его обработку на различные художественно-ювелирные изделия, технологические детали и камнерезную продукцию из-за большого количества потерь и получаемых отходов. Янтарь непрозрачной разновидности, вследствие его значительной пористости снижающий диэлектрические свойства, не может быть использован для изготовления технических изделий-изоляторов.

Прозрачный янтарь, который по своим свойствам мог бы быть сырьем для изготовления изоляторов, встречается в природном состоянии в незначительных количествах. По этим причинам в целях увеличения количества поделочного янтара для художественно-камнерезных и ювелирных изделий и возможности изготовления технических изделий-изоляторов часть мелкого янтара должна подвергаться прессованию. Кроме того, дополнительным сырьем для прессования янтара являются отходы в виде ломаных деталей, получаемых при изготовлении различных янтарных изделий из натурального янтара.

Прессование белорусского янтара производилось в специальных пресс-формах при температуре нагрева 220°C и удельном давлении $2400\text{--}2700\text{ кг/см}^2$. Подбор различного по оттенкам и степени прозрачности естественного янтара и добавки различных красителей в сочетании с особыми режимами давления позволили получить различные по окраске и структуре предметы. При этом самые лучшие образцы прессованного янтара с большим трудом можно было отличить от янтара натурального.

Непосредственно процесс прессования янтаря основан на физических законах, не приводящих к изменению химического состава смол. Прессованный янтарь изготавливается в виде стержней, пластин и полуфабрикатов различной, но не очень сложной конфигурации. Материалом для прессования послужили соответствующие мелкие кусочки из различных проявлений Беларуси. Весь этот материал для прессования был разделен на две группы: без корочки окисления и с тонкой корочкой окисления (неошкуренный) и подвергнут прессованию по технологии Калининградского янтарного комбината. Далее из полученных прессованных стержней и пластинок были изготовлены бусы, вставки для колец, кулоны и серьги. Ювелирные изделия, полученные из прессованного янтаря Беларуси, характеризуются высокими декоративными и цветовыми характеристиками, прозрачностью, прочностью и соответствуют требованиям, предъявляемым к ювелирным изделиям, полученным из янтаря Прибалтики.

Прессованный янтарь – хороший диэлектрик, его повышенная теплоемкость позволяет широко использовать его в приборостроении в качестве специальных изоляторов. Прозрачный прессованный янтарь используется также для изготовления специальной медицинской посуды. Чрезвычайно малая смачиваемость и способность препятствовать гемолизу позволяет изготавливать из него различные приборы и инструменты для переливания крови, а также сосуды для ее консервирования. Прессованный янтарь имеет разнообразное сочетание цветов и оттенков, заимствованных у янтаря природного, что очень важно для изготовления различных ювелирных изделий. Прессованный янтарь легко обрабатывается резцами, хорошо шлифуется и полируется до зеркальной поверхности. Химический состав (в %): углерод 78-80, кислород 9-11, водород 8-12, сера 0,01, азот 0,01 – аналогичен природному янтарю и соответствует формуле $C_{10}H_{16}O$.

В качестве сырья для химической переработки и получения плавленного янтаря, технической и реактивной янтарной кислоты может применяться янтарь любого класса и сорта. Однако по экономическим соображениям в плавке целесообразно использовать зерна, которые по своим свойствам не являются поделочными и не пригодны для прессования. Основную массу такого сырья представляют собой фракции менее 5 мм и различные отходы янтаря в виде мельчайших обломков, полученных при изготовлении ювелирных изделий и прессовании. Янтарь, предназначенный для химической переработки, содержит различные примеси минерального и органического происхождения: песок, глину, серу, остатки окаменевшей древесины, бурого угля и др.

Процесс химической переработки янтаря сводится, по сути дела, к его сухой перегонке (рисунок 5.4).

При нагревании выше определенной температуры наступает расплавление, сопровождающееся химическими реакциями, при которых разлагаются высокомолекулярные соединения с образованием более простых веществ. Чем дольше длится нагревание и чем выше температура, тем проще состав получающихся при этом продуктов. Если прекратить нагревание в момент расплавления, то можно получить около 60% легкоплавкой и легкорастворимой канифоли, из которой изготавливают янтарный лак, причем одновременно получается свободная янтарная кислота и около 15% янтарного масла, а также газы, среди которых присутствует сероводород. Если же продолжать нагревание после расплавления янтаря, то новообразованные легкорастворимые смолы переходят в масла и газы, и остается небольшое количество кокса.

Янтарь по химическому составу относится к натуральным смолам, которые применяются как основное сырье в лакокрасочной промышленности. Однако янтарь не обладает способностью полностью растворяться в растительных маслах и лаковых растворителях, в натуральном виде он практически не пригоден для изготовления лаков. Только плавленный янтарь приобретает свойства хорошей растворимости в маслах и растворителях и может применяться для изготовления янтарных лаков.

Перед плавлением янтарь тщательно промывается в соляном растворе, максимально освобождаясь от примесей, и сортируется (таблица 5.1). Затем из различных сортов янтаря составляется шихта, примерный состав которой состоит из 80% янтаря 1 и 2-го сортов, 5% янтаря 3-го сорта и 15% отходов. Состав шихты может меняться в зависимости от наличия сырья на складах и от состояния отходов. Если последние представляют собой кусочки, оставшиеся после изготовления прессованного янтаря, то их добавляют в шихту до 30%. Если же отходы янтаря представлены мелкой стружкой и порошком, добавлять их в шихту не рекомендуется, так как мелочь прогревается быстрее основной массы и от перегрева обугливается. Кроме того, при загрузке в горячий котел мелкого янтаря он частично уносится с отходящими газами, забивает газоходы и может образовывать взрывчатую смесь.

Сравнение сортности сырья, используемого для плавления, с различными фракциями белорусского янтаря показывает, что суммарное количество фракций -18 мм составляет более 50%. В перспективе имеется возможность при эксплуатации янтарных залежей Беларуси использовать мелкую фракцию не только для прессования, но и для получения плавленного янтаря. По внешнему виду плавленный янтарь представляет собой хрупкую, прозрачную в изломе смолу, от светло-коричневого до темно-коричневого цвета, с удельным весом $0,95-1,05 \text{ г/см}^3$.

Таблица 5.1 – Характеристика сортности янтаря, используемого для плавления, данные автора

Сорт янтаря	Характеристика образцов	Цветовая гамма	Содержание влаги, %	Посторонние примеси, %
Сорт 1	Мелкие кусочки прозрачного и непрозрачного янтаря, фракции – 18 мм	Водянисто-желтая до светло-желтой	Не более 0,3	Не более 0,1
Сорт 2	Мелкие кусочки непрозрачного, пенистого и костяного янтаря, фракции – 18 мм	Светло-желтая до темно-коричневой	Не более 0,5	Не более 0,1
Сорт 3	Янтарь, с посторонними включениями до 50% по объему	От серой до черной	Не более 0,5	Не более 0,1
Отходы	Порошок, стружка, мелкие обломки изделий, остатки прессованного янтаря	Желтая до темно-желтой	Не более 0,5	Не более 0,3

Так как янтарь представляет собой соединение сложных органических веществ, его пирогенетические свойства зависят от сложного состава этих веществ и химической структуры самого янтаря. Исследования термических свойств белорусского янтаря по набору эндо- и экзоэффектов на кривых ДТА полностью соответствуют пирогенетическим свойствам различных сортов прибалтийского янтаря (таблица 5.2), что подтверждает возможность получения высокосортного плавленого янтаря из белорусского сырья. Плавленый янтарь хорошо сплавляется с растительными маслами: льняным, подсолнечным, растворяется в органических растворителях: бензоле, уайт-спирите, скипидаре, бензине – и широко используется в промышленности для изготовления янтарных лаков, эмалей и красителей.

Таблица 5.2 – Пирогенетические свойства различных сортов янтаря, °С, данные автора

Сорт янтаря	Начало размягчения	Полное размягчение	Начало выделения газов	Вспышки газов на воздухе	Начало плавления	Интенсивное плавление
Прозрачный	109	164	141	248	266	343
Полупрозрачный	114	164	140	261	265	317
Непрозрачный	111	170	134	237	279	379
Костяной	115	162	132	245	261	323
Пенистый	125	185	123	334	271	336
Слоистый	116	178	123	240	275	347
Черный	124	171	154	228	273	320

При химической переработке янтаря из отходов газов в конденсационном отделении плавильной печи выпадает твердая порошкообразная масса темно-коричневого цвета – сырая янтарная кислота, содержащая в себе большое количество влаги, органических и минеральных примесей, летучих газов, золы и до 15% янтарного масла. Все эти примеси мешают ее применению в промышленности и медицине. Поэтому она подвергается дополнительной переработке с получением сначала технической (кристаллы светло-коричневого цвета), а затем реактивной янтарной кислоты. Последняя представляет собой игольчатые и столбчатые прозрачные и полупрозрачные кристаллы бело-молочного цвета с температурой плавления 185⁰С и температурой кипения 235⁰С. Очищенная химическая янтарная кислота относится к двухосновным предельным кислотам и соответствует формуле C₄H₆O₄. С учетом того, что доля мелких фракций янтаря в проявлениях Беларуси достаточно высокая и достигает 32%, использование их для получения реактивной янтарной кислоты будет представлять определенный практический интерес.

5.4 Использование янтаря и его производных в медицине

Янтарь с древнейших времен считался во многих странах средством для лечения различных заболеваний. Использовали его как внутренне – в виде порошка, так и наружно – втирали в кожу в виде мази, окуривали помещения, считая очищающим благовонием. Талисманы из янтаря были призваны предохранять от дурного глаза, способствовать плодородию, излечивать лихорадку, изгонять злых духов. В своей «Естественной истории» Плиний Старший упоминает об использовании янтаря в медицине. По его свидетельству, растертый в порошок и смешанный с розовым маслом, янтарь помогает при болезнях горла и ушей [69].

Взбитый с аттическим медом, как указывал уже Плиний Младший, янтарь лечит ослабленное зрение, а его порошок в чистом виде или смешанный со смолой мастикового дерева и водкой служит лекарством при болезнях желудка. Римские граждане носили янтарные медальоны, бусы и ожерелья как средство и талисман против заболеваний горла. Римский врач Клавдий Гален писал в своих трактатах об использовании янтаря в лечебных и профилактических целях. Не обошел целебные свойства янтаря своим вниманием и Авиценна в «Каноне врачебной науки» – этой фундаментальной энциклопедии медицинских знаний средневекового Востока. Янтарь тогда применяли при язвах, нагноениях, астматических приступах, заболеваниях кожи, сердца, женских болезнях, ангине, базедовой болезни, при расстройствах сна.

На Руси издревле существовало поверье, что янтарь приносит облегчение при бессоннице. Необработанные куски янтаря клали под подушку или подвешивали у изголовья кровати. К людям, свято верившим в силу янтаря, приходил сон, и наступало душевное облегчение. С точки зрения современной медицины, бессонницу излечивал не столько янтарь, сколько самовнушение, но это уже область психотерапии. А в древности даже один случай вылечивания янтарем бессонницы способствовал укреплению этого поверья. Скорее всего, только этим можно объяснить, что вера в янтарь как прекрасное снотворное средство не проходит и в начале третьего тысячелетия.

В работах А.Аурифабера, придворного медика прусского герцога Альбрехта, приведено около 50 рецептов применения янтаря в медицине. При этом считалось, что наиболее ценны снадобья из белого янтаря. Мартин Лютер, чтобы предотвратить образование камней в почках, постоянно носил в карманах большие куски янтаря. Камилл Леонард писал, что янтарь применяют при расстройствах желудка, он является эффективным средством при всех заболеваниях горла. Если положить янтарь на грудь спящей жены, то она признается во всех своих дурных

поступках и прегрешениях. Янтарь укрепляет расшатавшиеся зубы, а его дымом отгоняют ядовитых насекомых. В средневековой Англии с помощью янтаря лечили от чахотки, сильного кашля, облегчали мочеиспускание, принимали внутрь при расстройствах сна и судорогах, при истерии и ипохондрии, при кровотечениях и кровоизлияниях. Считалось, что янтарь избавляет от головокружений и болезней щитовидной железы.

В Китае в качестве успокаивающего средства применяли бальзам, приготовленный из янтаря с опиумом. Янтарное масло с нашатырем и спиртом широко использовалось французскими медиками. В серьезных журналах медико-хирургического общества Парижской медицинской академии еще в середине прошлого века публиковались наблюдения по целебным свойствам янтаря при коклюше, судорогах и коликах у детей, при прорезывании зубов и болезнях горла. Сегодня может показаться смешным, что в России кормилицы носили бусы из необработанного янтаря, чтобы отвести болезни от себя и младенца, а в старые времена в богатых русских домах надевали массивные тяжелые янтарные бусы даже на няnek и прислугу. Считалось, что это защитит ребенка и всех в доме от дурного глаза и принесет им здоровье. Крестьяне надевали невестам перед венчанием янтарное ожерелье.

В истории известен случай, когда прусский герцог Альбрехт свое пожелание скорейшего выздоровления, направленное Мартину Лютеру, сопровождал кусками этого красивого самоцвета. Кстати, янтарь по-литовски – «гинтарас», что в переводе означает «защищающий от болезней». Многие женщины, почитательницы янтаря, и сейчас уверены в том, что он не только выгодно оттеняет красоту их кожи, но и делает ее матовой, чистой и здоровой.

Учеными установлено, что народный опыт лечения янтарем интуитивно родился на научной основе. Современная медицина, вобрав в себя многовековой опыт, отмела все наивное и ненаучное, сохранила рациональное зерно в использовании янтаря в лечебных целях, используя его медико-биологические особенности. Сейчас установлено, что янтарная кислота, соли которой содержат ископаемые смолы, обладает широким диапазоном биостимулирующих средств: она укрепляет деятельность нервной системы, кишечника, почек, применяется при кожных заболеваниях, язвах, астматических и сердечных приступах, нарушениях менструального цикла, при затруднительном мочеиспускании, как антистрессовое, противовоспалительное и антитоксическое средство. Особенно широко препараты янтаря используются гомеопатами. Использование препаратов, содержащих янтарокислый натрий, способствует нормализации кислотно-щелочного равновесия крови и

восстановлению сил, особенно у людей преклонного возраста. Янтарную кислоту специалисты любят сравнивать с топливом, сгорающим в клетках человека, причем здоровые клетки в ней не нуждаются и к ним янтарная кислота не поступает. Она безошибочно находит только больные клетки, быстро в них проникает и поддерживает нормальную жизнь того или иного пораженного органа.

В Томской области России на химфармзаводе впервые в мире осуществлен выпуск лекарственных препаратов на основе янтарной кислоты – вещества, отвечающего в организме человека за энергетический обмен. Очень важно, что выпускаемые таблетки янтарной кислоты обладают не только уникальной способностью повышать устойчивость организма к воздействию радиации и токсических веществ, но и помогают противостоять стрессу. Кстати, положительные результаты массового применения янтарной кислоты были получены в Армении во время трагического Спитакского землетрясения. Больные и раненые, получавшие наряду с проводимым лечением янтарную кислоту, выздоравливали намного быстрее, им требовался меньший объем медицинской помощи. Янтарная кислота помогала даже в тех случаях, когда у врачей не оставалось никаких шансов на спасение больного. Из янтарной кислоты изготавливают витамин Д₃, кортизонацетат, антисептик «Йодоль», различные вещества, входящие в состав зубных паст, мыла, специальных кремов и биологически активных добавок.

При действии янтарной кислоты на организм больного возрастает количество относительно низкомолекулярных белков (альбуминов) и уменьшается количество белков высокомолекулярных (глобулинов). При этом повышается качество ферментов, их способность снижать энергетические пороги реакций. Терапевтическое действие янтарной кислоты на организм больного выражается в нормализующих действиях за счет усиления восстановительных процессов в биохимическом и физиологическом смысле. Особенно выражена нормализация янтарной кислотой метаболического ацидоза при ослаблении деятельности почек, сердца, возрастных нарушениях нервных регуляторных центров, при интенсивной мышечной работе, а также при действии на организм больного токсических веществ, в том числе и различных лекарственных препаратов. Повышается эффективность терапии янтарной кислотой путем ее влияния на активность сукцинатгидрогеназы и образования эндогенной янтарной кислоты.

Совместные исследовательские работы биофизиков с физиологами и клиницистами привели к заключению, что окисление янтарной кислотой эффективно поддерживает компенсаторные процессы в организме, восстанавливающие исходное состояние больного. Это особенно

относится к патологии сердечной мышцы. Так, в Киевском институте грудной хирургии была показана высокая эффективность при сердечной патологии в послеоперационный период препаратами на основе натриевой соли янтарной кислоты. Есть основания полагать, что активными положительными действиями обладают и другие ее соли – калия, лития, кальция, железа.

В настоящее время освоены и внедрены в производство в Москве, Санкт-Петербурге, Томске, Варшаве биологически активные добавки как производные янтарной кислоты:

1. Препарат «Яна» – на основе янтарной кислоты; выпускается в виде таблеток, обладающих уникальной способностью повышать устойчивость организма к воздействию радиации, токсических веществ и противостоять стрессу.

2. Эликсир «Янтарный», обеспечивающий оптимальный уровень энергетических процессов в организме, профилактический препарат в капсулах, содержащий 100 мг янтарной кислоты; эффективен для работы мозга, почек и печени, предотвращает сердечно-сосудистые заболевания.

3. Препарат «Витар-С» – биостимулятор на основе янтарной кислоты в аэрозольной упаковке незамедлительного действия.

4. «Янтавит» – препарат на основе натуральной янтарной кислоты с глюкозой, служит регулятором защитных сил организма и улучшает его энергетический обмен.

5. «Янта» – способствует нормализации желудочно-кишечного тракта и улучшению усвоения ценных питательных веществ, необходимых для функционирования организма.

6. «Митомин» – активизирует иммунитет, нормализует все виды обмена веществ и энергии на клеточном уровне и активизирует окислительно-восстановительные процессы в организме.

7. «Метавит янтарный» – способствует нормализации артериального давления, замедлению процессов старения и профилактики онкологических заболеваний и атеросклероза.

8. «Янтарь-антитокс» нормализует кислотно-щелочной баланс, выводит из организма токсические вещества, усиливает восстановительные свойства тканей, уменьшает хроническую интоксикацию при туберкулезе.

9. «Янтарь-Геронто» рекомендуется для профилактики старения, как общеукрепляющее и тонизирующее средство для пожилых людей, при снижении защитных сил организма после тяжелой болезни для повышения эффективности лекарственной терапии хронических заболеваний.

10. «Янтарь-Кардио» рекомендуется в качестве средства, способствующего нормализации энергетического обмена и снижающего риск сердечно-сосудистых заболеваний [70].

Сухая янтарная кислота в виде кристаллического порошка, по вкусу очень напоминающая лимонную кислоту и получающаяся при переработке натурального янтаря – сукцинита, рекомендуется при хронических сердечно-сосудистых заболеваниях и перенесенном инфаркте миокарда. Общеизвестно, что ослабленный организм в большей мере подвержен заболеваниям. Поэтому больным людям, особенно пожилым, янтарная кислота необходима: она способствует восстановлению нарушающегося с возрастом энергетического баланса клеток организма, помогает вернуть силу прежних лет. В обычной пище содержание янтарной кислоты невысоко, а продукты с повышенным ее содержанием достаточно редки в рационе простого человека (спаржа, моллюски, выдержанные сыры, марочные красные вина). Вот почему даже в малых дозах янтарная кислота необходима для восполнения ее дефицита в организме человека.

Благоприятное влияние янтарная кислота оказывает на людей, страдающих болезнями щитовидной железы. Вообще-то здесь наиболее эффективным считается метод втирания в область щитовидной железы янтарного масла, получаемого при плавлении натурального янтаря – сукцинита. Но янтарное масло обладает весьма специфическим запахом, и поэтому чаще всего рекомендуется носить на шее короткую вязку бус из необработанного полупрозрачного красноватого янтаря и пить слабый раствор янтарной кислоты, которая хорошо растворяется в теплой воде. После больших физических нагрузок и интенсивных занятий спортом очень полезен и эффективен однократный прием янтарной кислоты (половина чайной ложки на стакан кипяченой воды). Повышенная доза эффективна при простудных заболеваниях, радикулитах и миозитах.

Людей, регулярно употребляющих янтарную кислоту, никогда не покидает чувство бодрости, повышенной активности и свежести. У них всегда хорошее настроение, прекрасное самочувствие, отсутствует слабость, бессонница и неприятные ощущения в области сердца. Люди, обогащающие свой рацион питания препаратами на основе янтарной кислоты, существенно повышают защитные силы своего организма. Человек становится устойчивее не только к повышенному воздействию химических веществ и радиации, но и к стрессу, умственным и физическим перегрузкам, инфекционным заболеваниям. Препараты янтарной группы не вызывают никаких отрицательных реакций, присущих чужеродным соединениям. И ребенок, и взрослый, и особенно пожилые люди, принимая эти препараты, только лишь помогают своему организму восстановить защитные силы и, укрепляя тело, укреплять дух.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термин «янтарь» в геологической литературе не имеет однозначного толкования, являясь фактически термином свободного пользования для обозначения целого ряда ископаемых смол. Подобное объединение под одним термином любых ископаемых смол без учета их физических и химических особенностей является неправомерным и неоправданным с научной точки зрения. В целях устранения неточностей и путаницы наиболее рациональным представляется использовать термин «янтарь» исключительно как синоним термина «сукцинит». Ископаемые смолы, не являющиеся по своим физическим, физико-химическим и химическим особенностям сукцинитом, не следует называть «янтарем».

Типизация месторождений и проявлений янтаря и других ископаемых смол имеет важное прикладное значение, так как знание генезиса месторождений является основой их прогноза и поисков. Первичная геологическая информация, как правило, является отрывочной и большей частью не дает необходимых оснований для отнесения того или иного проявления к определенному генетическому типу. Представляется очевидным, что важнейшими предпосылками для типизации месторождений янтаря должны служить минералогические определения ископаемых смол и детальная реконструкция условий формирования вмещающих пород, выполненная на основании комплекса специальных геологических исследований.

Геологические предпосылки поиска проявлений ископаемых смол основываются на знании особенностей их строения и закономерностей размещения. В связи с тем, что накопление смол определяется совместным действием тектонического, геоморфологического, стратиграфического, литологического и минералогического факторов, основные критерии поисков месторождений можно считать аналогичными. Для четвертичных площадей Беларуси ведущая роль принадлежит геоморфологическому и тектоническому критериям, определяющим расположение россыпей янтаря по площади. Кроме того, важным является также присутствие янтареносных отложений палеогенового возраста вблизи площадей локализации янтаря в четвертичных отложениях.

Учитывая недостаточный объем информации о генезисе большинства известных месторождений и проявлений янтаря, их классификацию целесообразно проводить лишь в общих чертах, выделяя первичные месторождения (проявления), характеризующиеся отсутствием переноса ископаемых смол и вторичные месторождения (проявления), образование которых связано с процессами переноса ископаемых смол в различных масштабах. В настоящее время известно, что в одном месте

могут встречаться несколько минеральных видов ископаемых смол. Современные методы исследования позволяют однозначно диагностировать янтарь (сукцинит), равно как и прочие ископаемые смолы, уступающие янтарю как по качеству, так и по стоимости.

Среди меловых отложений известны в основном первичные месторождения ископаемых смол, приуроченные главным образом к угленосным отложениям. В таких месторождениях ископаемые смолы представлены преимущественно ретинитами, мало пригодными для ювелирной промышленности вследствие повышенной хрупкости. В меловых отложениях встречаются и месторождения, связанные со слабо песчанистыми угленосными породами. В палеогеновых отложениях также распространены первичные месторождения, приуроченные к угленосным отложениям и содержащие главным образом хрупкие смолы типа ретинита. Примером могут служить месторождения Северной Сибири и Дальнего Востока.

С палеогеновыми отложениями связаны и вторичные месторождения ископаемых смол, приуроченные к прибрежно-морским лагунно-дельтовым отложениям, относящиеся к типу погребенных россыпей. Примерами таких месторождений являются Пальмникенское в России и Клесовское в Украине. В современных отложениях встречаются месторождения, связанные с морскими и аллювиальными россыпями. Примером являются россыпи, образующиеся после штормов на побережье Балтийского моря, и россыпи на побережье о. Сахалин. Охарактеризованные выше предпосылки позволяют ориентироваться при определении перспективности районов и выбирать оптимальные направления попутных поисковых работ.

В четвертичных отложениях Беларуси вторичные месторождения янтаря известны в пределах зандровых и озерно-аллювиальных равнин Брестского Полесья и озерно-аллювиальных и аллювиальных равнин Припятского Полесья. Изучение распределения находок по разрезу показывает четкую приуроченность их к флювиогляциальным и озерно-аллювиальным образованиям. Наиболее крупным и хорошо изученным проявлением, геологическое строение которого типично для большинства сколько-нибудь значительных скоплений ископаемых смол в четвертичных отложениях Беларуси, является Гатча-Осовское, занимающее большую часть одноименного янтареносного района, расположенного в Брестской области.

Основная вмещающая толща здесь представлена верхнеднепровскими песками и песчано-гравийными смесями, которые залегают на днепровской морене и перекрыты поозерскими озерно-аллювиальными песками, содержащими отдельные зерна янтаря, и

голоценовыми отложениями различного генезиса. Ископаемые смолы из четвертичных отложений юго-западной Беларуси являются материалом ближнего переотложения из более древних янтареносных пород палеогена. Янтарь из четвертичных отложений Беларуси по своим физико-химическим особенностям подобен прибалтийскому сукциниту, что позволяет при его обогащении и переработке использовать технологию, применяемую на Калининградском янтарном комбинате.

Самым крупным янтареносным районом Северной Сибири является Карский район, включающий многочисленные проявления янтареподобных ископаемых смол побережья Карского моря, а также скопления ископаемых смол в Хатангской впадине. Самая западная перспективная площадь этого района – проявления ископаемых смол Югорского полуострова. Проявление ископаемых смол «Песчаное», расположенное недалеко от пос. Амдерма, представляет собой линзы янтареносных песков, обогащенных углистым материалом в теле морских террас, прилегающих к коренным палеозойским породам. Смолы – предположительно мелового возраста и сопоставимы с янтареподобными смолами Хатангской впадины.

Наибольшее количество находок ископаемых смол в пределах Северо-Сибирской провинции было сделано в пределах Хатангской впадины, являющейся частью единого мезозойского прогиба, протягивающегося вдоль северного края Сибирской платформы. Фундамент Хатангской впадины сложен в основном палеозойскими породами. Впадина выполнена юрскими и нижнемеловыми, а на западе и верхнемеловыми отложениями. Мезозойские породы Хатангской впадины содержат мощные пласты углей и ископаемые смолы, отмеченные в отложениях огневской, бегичевской, ледяной и хетской свит.

На Сахалине ископаемые смолы известны в нескольких районах, расположенных преимущественно в центральной и восточной части острова. На р. Онена, между пос. Сирарака и устьем р. Найпу, ископаемые смолы обнаружены в пластах бурого угля неогенового возраста. В заливе Мордвинова находки ископаемых смол известны на восточном побережье, где они также приурочены к буроугольным отложениям. На юго-восточном побережье острова морем ежегодно выбрасывается большое количество ископаемых смол темно-коричневого цвета, источник которых нам неизвестен. На Камчатке янтареподобные ископаемые смолы известны в районе Пенжинской губы.

Резюмируя результаты исследований свойств и состава ископаемых смол Балтийско-Днепровской, Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций, можно с уверенностью говорить о наличии как некоторых черт сходства между всеми разновидностями ископаемых смол,

так и множества отличительных особенностей, присущих смолам каждой из провинций. Проведенный комплекс исследований физических и химических особенностей ископаемых смол Балтийско-Днепровской провинции позволяет однозначно диагностировать их как янтарь (сукцинит), являющийся, таким образом, наиболее распространенной разновидностью ископаемых смол в Северной и Восточной Европе.

Янтареподобные ископаемые смолы Северо-Сибирской и Дальневосточной провинций по комплексу своих характеристик имеют мало общего с сукцинитом и представлены в основном хрупкими разновидностями смол семейства ретинитов, не имеющими ювелирной ценности, но в определенной степени представляющими интерес для химической промышленности. Балтийско-Днепровскую и Северо-Сибирскую янтареносные провинции в какой-то мере сближают находки в их пределах ископаемых смол, известных под названием геданит, которые в Северной Сибири имеют, по-видимому, гораздо более широкое распространение, чем, например, в Прибалтике.

Изученные разновидности ископаемых смол представляют собой как вязкие, так и хрупкие смолы, местоположение которых в минералогической систематике не вызывает сомнений, но разновидности смол, изучавшиеся по единичным анализам другими авторами, не могут быть диагностированы нами с высокой степенью достоверности. Приходится признать, что решение вопроса об их систематическом положении целиком зависит от накопления детально выверенных сведений о них по аналогии с данными, представленными в настоящей работе. Основной задачей такого изучения является определение роли и места этих соединений в общей эволюции литосферы и построение их структурно-генетической классификации.

Янтарепроявления Северной и Восточной Европы представлены в основном янтарем (сукцинитом), который является наиболее распространенной в этом регионе разновидностью ископаемых смол, великолепно поддается обработке и с успехом используется в ювелирной промышленности как в Российской Федерации (Калининградский янтарный комбинат), так и за ее пределами (Польша, Германия). Общей чертой всех проявлений ископаемых смол Северной и Восточной Азии является высокий удельный вес в них хрупких смол, практически непригодных для ювелирной обработки.

Однако не следует определять утилитарную ценность ископаемых смол только запросами ювелирной промышленности. Их следует рассматривать в первую очередь как химическое сырье, технологическая обработка которого дает возможность получать комплекс ценных химических продуктов: янтарное масло, янтарные лаки и т.п. Особую

ценность янтарь представляет как источник янтарной кислоты, широко применяющейся в парфюмерной и лакокрасочной промышленности, в сельском хозяйстве, а в последнее время, в связи с установленным действием янтарной кислоты как биогенного стимулятора, и в медицине.

Решение комплекса янтарных проблем в связи с возможным освоением новых янтареносных районов Северной Евразии, следовательно, должно включать разработку следующих задач:

- детальное исследование свойств и состава ископаемых смол, установление их природы, условий образования, разработка генетической классификации, изучение влияния вмещающих пород на характер смол;
- продолжение изучения биогеографии древней фауны, в первую очередь насекомых, по включениям в ископаемых смолах;
- экспериментальная разработка экономичных способов облагораживания ископаемых смол, повышение вязкости хрупких смол, поиск новых, более простых способов плавки.

Проведение комплекса этих исследований, как нам представляется, будет стимулировать более рациональное использование всех типов янтареподобных ископаемых смол в народном хозяйстве.

Приведенный краткий обзор янтареносности территории Беларуси позволяет сформулировать следующие первоочередные научные задачи, требующие, в свою очередь, скорейшего решения:

- выполнение детальных стратиграфических и палеонтологических исследований для уточнения стратиграфического положения янтареносных слоев в свете современных представлений стратиграфии кайнозоя, а также с целью разработки стратиграфических и палеогеографических критериев поисков янтареносных россыпей;
- палеогеографические реконструкции условий произрастания янтареносной растительности и аккумуляции обломочного материала, в частности янтаря, составление набора литолого-фациальных и палеогеографических карт Беларуси времени накопления янтареносных слоев, т.е. карт прогноза янтареносности Беларуси;
- всестороннее изучение покровных песков, ледниковых и водно-ледниковых отложений (вмещающих перемытый янтарь) с целью выявления дополнительных поисковых критериев на обнаружение богатых верхнеэоценовых-нижнеолигоценовых россыпей янтаря.

Таким образом, высокие качественные показатели белорусского янтаря и потенциально большие запасы его в недрах Белорусского Полесья открывают широкие перспективы для его освоения, что требует продолжения исследований в этом направлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Савкевич, С.С.** Янтарь. – Л. : Недра, 1970. – 190 с.
- 2 **Орлов, Н.А.** Минералогия каустобиолитов / Н.А.Орлов, В.А.Успенский. – М., Л. : АН СССР, 1936. – 198 с.
- 3 **Катинас, В.И.** Янтарь и янтареносные отложения юга Прибалтики // Сборник научных трудов ЛитНИГРИ. – Вып. 20. – Вильнюс: Минтис, 1971. – 150 с.
- 4 **Левков, Э.А.** Янтарь Белоруссии / Э.А.Левков, С.С.Манькин // Третья научная конференция молодых геологов Белоруссии: Тез. докл. конф. – Мн., 1969. – С. 304–306.
- 5 **Башаркевич, А.П.** Ископаемые смолы Белорусского Полесья / А.П.Башаркевич, Г.И.Илькевич, Л.И.Матрунчик, А.С.Махнач // Доклады АН БССР. – 1983. – Т. 27. – № 7. – С. 664–665.
- 6 **Башаркевич, А.П.** Новые проявления ископаемых смол на Белорусском Полесье / А.П.Башаркевич, Г.И.Илькевич, Л.И.Матрунчик, А.С.Махнач // Доклады АН БССР. – 1984. – Т. 28. – № 7. – С. 654–656.
- 7 **Богдасаров, А.А.** О находках янтаря в центральной части Брестско-Подлясской впадины и их физико-химические особенности // The sixth meeting on amber and amber-bearing sediments. – Warsaw : Museum of the Earth PAN, 1988. – С. 23.
- 8 **Богдасаров, А.А.** Первые результаты сравнительного изучения белорусского янтаря / А.А.Богдасаров, И.И.Урьев, А.Д.Народецкая // Первая республиканская конференция по биоминералогии, посвященная 125-летию академика В.И.Вернадского : Тез. докл. конф. – Луцк, 1988. – С. 45–47.
- 9 **Богдасаров, А.А.** Физические и химические свойства янтарей Белоруссии / А.А.Богдасаров, Т.Ф.Богдасарова, И.И.Урьев // Минералогический сборник Львовского госуниверситета. – 1991. – №45. – Вып. 1. – С. 47–53.
- 10 **Ажгиревич, Л.Ф.** Проблемы янтареносности Беларуси / Л.Ф.Ажгиревич, А.А.Богдасаров, Л.Я.Затуренская, В.Д.Непокульчицкая, И.И.Урьев. – Мн. : БелГЕО, 2000. – 144 с.
- 11 **Богдасаров, М.А.** Янтарь из археологических памятников Беларуси. – Брест : Талер, 1995. – 74 с.
- 12 **Богдасаров, М.А.** Янтарь из антропогенных отложений Беларуси. – Брест : Изд-во С. Лаврова, 2001. – 136 с.
- 13 **Юшкин, Н.П.** Янтарь арктических областей // Препринт. Коми филиал АН СССР. – Сыктывкар, 1973. – 45 с.
- 14 **Трофимов, В.С.** Янтарь. – М. : Недра, 1974. – 183 с.

- 15 **Сребродольский, Б.И.** Геологическое строение и закономерности размещения месторождений янтаря СССР. – Киев : Наукова думка, 1984. – 166 с.
- 16 **Соколова, Т.Н.** Янтареподобные ископаемые смолы (на примере Хатангского района) : Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук : 04.00.20 / ЛГУ. – Л., 1987. – 24 с.
- 17 **Майданович, И.А.** Геология и генезис янтареносных отложений Украинского Полесья / И.А.Майданович, Д.Е.Макаренко. – Киев : Наукова думка, 1988. – 84 с.
- 18 **Bernstein – Tränen der Götter** / M.Ganzelwski, R.Slotta (Hrsg.). – Bochum: Dt. Bergbau–Museum, 1996. – 585 p.
- 19 **Трофимов, В.С.** Янтарь и классификация ископаемых смол // Литология и полезные ископаемые. – 1973. – № 1. – С. 100–106.
- 20 **Юшкин, Н.П.** Сингенез, взаимодействие и коэволюция минерального и живого вещества // Минералогия и жизнь : Тез. докл. конф. – Сыктывкар, 1993. – С. 5–7.
- 21 **Богдасаров, М.А.** Современное положение янтаря и других ископаемых смол в минералогических классификациях // Минералогия и жизнь : биоминеральные гомологии : Мат. докл. семин. – Сыктывкар, 2000. – С. 49–50.
- 22 **Савкевич, С.С.** Об условиях образования балтийского янтаря и о некотором влиянии особенностей фоссилизации на свойства ископаемых смол // Литология и полезные ископаемые. – 1966. – № 6. – С. 78–88.
- 23 **Савкевич, С.С.** Янтарь Пальмникенского месторождения : Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук : 04.00.20 / ЛГИ. – Л., 1968. – 19 с.
- 24 **Катинас, В.И.** Процессы образования янтаря и влияние условий фоссилизации на его свойства // Научная конференция молодых ученых–геологов Литвы : Тез. докл. конф. – Вильнюс, 1968. – С. 71–72.
- 25 **Сребродольский, Б.И.** Мир янтаря. – Киев : Наукова думка, 1988. – 144 с.
- 26 **Фракей, Э.** Янтарь. – М. : Мир, 1990. – 198 с.
- 27 **Богдасаров, М.А.** Методические указания по диагностике и описанию янтаря в лабораторных условиях. – Брест : БрГУ, 1999. – 16 с.
- 28 **Богдасаров, М.А.** Минералогические исследования янтарных находок из археологических памятников Беларуси / М.А.Богдасаров, С.П.Жлоба, И.С.Чернякевич // Веснік Брэсцкага універсітэта. – 2004. – № 2 (40). – С. 101–107.
- 29 **Савкевич, С.С.** Использование инфракрасных спектров поглощения для диагностики некоторых видов балтийских ископаемых смол /

- С.С.Савкевич, И.А.Шакс // Труды ВНИГРИ. – 1969. – Вып.279. – №10. – С. 324–326.
- 30 **Юшкин, Н.П.** Тектурные особенности Югорского янтаря / Н.П.Юшкин, Н.Д.Сергеева // Доклады АН СССР. – 1974. – Т. 216. – № 3. – С. 637-640.
- 31 **Киевленко, Е.Я.** Геология месторождений поделочных камней / Е.Я.Киевленко, Н.Н.Сенкевич. – М.: Недра, 1976. – 280 с.
- 32 **Краснов, С.Г.** Геология и янтареносность палеогена Калининградской области : Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук : 04.00.01 / Лен. горн. ин-т. – Л., 1977. – 24 с.
- 33 **Серебрицкий, А.И.** Янтарь Северной Украины / А.И.Серебрицкий, Г.А.Ильинский, С.С.Савкевич // Вестник ЛГУ. Геология и география. – 1979. – № 2. – С. 34–43.
- 34 **Панченко, В.И.** Янтарь Волыни / В.И.Панченко, В.Н.Квасница // Минералогический журнал. – 1982. – № 3. – С. 105.
- 35 **Богдасаров, А.А.** Ископаемые смолы Беларуси / А.А.Богдасаров, М.А.Богдасаров. – Брест: ОАО «Брестская типография», 2003. – 172 с.
- 36 **Богдасаров, А.А.** Перспективы практического использования ископаемых смол Белорусского Полесья / А.А.Богдасаров, М.А.Богдасаров, И.И.Урьев // Минералогический сборник Львовского госуниверситета. – 1994. – № 7. – Вып. 1. – С. 71–76.
- 37 **Богдасаров, М.А.** Особенности распространения и генезис ископаемых смол из антропогеновых отложений Беларуси // Сб. материалов научно-методич. конф. молодых ученых БрГУ им. А.С.Пушкина. – Брест : БрГУ, 1999. – С. 9–10.
- 38 **Богдасаров, М.А.** Геоморфологические особенности происхождения янтаря из антропогеновых отложений юго-запада Беларуси // Межгосударственное совещание по проблемам экологической геоморфологии : Тез. докл. совещ. – Белгород, 2000. – С. 119–120.
- 39 **Богдасаров, М.А.** Минералогические особенности янтареподобных ископаемых смол проявления «Песчаное» / М.А.Богдасаров, Ю.В.Богдасарова // Сб. мат. научно-метод. конф. молодых ученых БрГУ им. А.С.Пушкина. – Брест : БрГУ, 2003. – С. 10.
- 40 **Савкевич, С.С.** Новые данные о янтаре правобережья рек Хеты и Хатанги / С.С.Савкевич, Т.Н.Попкова // Доклады АН СССР. – 1973. – Т.208. – № 2. – С. 427–429.
- 41 **Богдасаров, М.А.** Минералогические особенности янтареподобных ископаемых смол Дальнего Востока / М.А.Богдасаров, А.В.Кривоносов // Сб. мат. научно-метод. конф. молодых ученых БрГУ им. А.С.Пушкина. – Брест : БрГУ, 2003. – С. 11.

- 42 **Соколова, Т.Н.** Поведение янтареподобных ископаемых смол в температурном поле / Т.Н.Соколова, С.С.Савкевич // Зап. ВМО. – 1989. – Вып. 5. – С. 84–89.
- 43 **Савкевич, С.С.** Физические методы диагностики янтареподобных смол (для оценки их промышленного значения) // Сборник «Минералогия – народному хозяйству». – Л. : Наука, 1987. – С. 246–247.
- 44 **Урьев, И.И.** ИК-спектроскопическая характеристика ископаемых смол из антропогенных отложений Беларуси / И.И.Урьев, Н.И.Макаревич, А.А.Богдасаров // Весці АНБ. Сер. хім. навук. – 1994. – № 3. – С. 106–108.
- 45 **Урьев, И.И.** Первые сведения об элементном составе ископаемых смол Белоруссии / И.И.Урьев, А.А.Богдасаров, М.В.Капсарова // Весці АН БССР. Сер. хім. навук. – 1990. – № 6. – С. 89–92.
- 46 **Чеботарева, Н.А.** Первые находки включений беспозвоночных в янтарях Беларуси / Н.А.Чеботарева, Е.В.Сыч, А.А.Богдасаров // Сб. научных трудов ф-та естествознания БрГПИ им. А.С.Пушкина. – Брест : БрГПИ, 1993. – С. 151–152.
- 47 **Назараў, У.І.** Першыя знаходкі вусякоў у бурштыне Беларускага Палесся / У.І.Назараў, А.А.Багдасараў, І.І.Ур'еў // Весці АН Беларусі. Сер. біял. навук. – 1994. – № 2. – С. 104–108.
- 48 **Богдасаров, М.А.** Морфология, оптические и механические свойства ископаемых смол Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций // Веснік Брэсцкага універсітэта. – 2004. – № 1 (38). – С. 91–97.
- 49 **Богдасаров, М.А.** Термические свойства, ИК-спектрометрия и элементный химический состав ископаемых смол Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций // Веснік Брэсцкага універсітэта. – 2004. – № 2 (40). – С. 95–100.
- 50 **Жерихин, В.В.** О меловых насекомоносных «янтарях» (ретинитах) севера Сибири / В.В.Жерихин, И.Д.Сукачева // Мат. докл. конф., посвященной памяти Н.А.Холодковского. – Ленинград, 1973. – С. 3–48.
- 51 **Савкевич, С.С.** Янтареподобные ископаемые смолы Евразии / С.С.Савкевич, Т.Н.Соколова // Конденсированное некристаллическое состояние вещества земной коры : Тез.докл.семина. – Сыктывкар, 1989. – С. 82–83.
- 52 **Богдасаров, М.А.** Сравнительная характеристика ископаемых смол Балтийско-Днепровской, Северо-Сибирской и Дальневосточной янтареносных провинций // Веснік Брэсцкага універсітэта. – 2004. – № 3 (42). – С. 86–93.
- 53 **Богдасаров, М.А.** Минералогия ископаемых смол из коллекции Брестского государственного университета имени А.С.Пушкина /

- М.А.Богдасаров, А.В.Кривонос, Р.В.Христофоров // *Веснік Брэсцкага ўніверсітэта*. – 2004. – № 3 (42). – С. 94–97.
- 54 **Жерихин, В.В.** Закономерности захоронения насекомых в современных и ископаемых смолах // *The sixth meeting on amber and amber-bearing sediments*. – Warsaw : Museum of the Earth PAN, 1988. – С. 29.
- 55 **Савкевич, С.С.** К определению поисковых критериев месторождений янтаря и некоторых других янтареподобных ископаемых смол // *Сб. Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых*. – Л.: Недра, 1971. – С. 444–445.
- 56 **Савкевич, С.С.** Предпосылки для поисков янтаря // *Семина. центр. правления науч.-техн. горн. об-ва : Тез. докл. семина.* – М., 1975. – С. 13–16.
- 57 **Краснов, С.Г.** О генезисе янтареносных отложений палеогена Калининградской области по данным литологических исследований / С.Г.Краснов, А.А.Каплан // *Литология и полезные ископаемые*. – 1976. – № 4. – С. 95–106.
- 58 **Краснов, С.Г.** Стратиграфия, литология и условия образования янтареносных отложений палеогена Калининградской области / С.Г.Краснов, А.А.Каплан // *Бюлл. Моск. общества испытателей природы. Отд. геологии*. – 1976. – № 2. – С. 145–146.
- 59 **Трофимов, В.С.** Древние россыпи янтаря Прибалтики и Украины // *Сб. Древние и погребенные россыпи СССР*. – Киев : Наукова думка, 1977. – Ч. 1. – С. 76–83.
- 60 **Трофимов, В.С.** Янтарные россыпи береговой зоны древних и современных морей и океанов // *Литология и полезные ископаемые*. – 1978. – № 3. – С. 43–50.
- 61 **Сребродольский, Б.И.** Об условиях накопления янтаря // *Доклады АН СССР*. – 1980. – Т. 243. – № 6. – С. 1439–1441.
- 62 **Василишин, И.С.** Методы поисков и оценки месторождений янтаря на территории Украины и Белоруссии / И.С.Василишин, В.И.Панченко // *Сб. Пути повышения эффективности поисковых работ на пьезооптическое и камнесамоцветное сырье*. – М. : ВИЭМС, 1982. – С. 70–72.
- 63 **Мацуй, В.М.** О россыпной янтареносности Украинского Полесья / В.М.Мацуй, В.Б.Савронь // *Сб. Краевые образования материковых оледенений*. – М. : Наука, 1985. – С. 246–247.
- 64 **Ажгиревич, Л.Ф.** Роль рельефообразующих процессов в формировании залежей янтаря Белорусского Полесья / Л.Ф.Ажгиревич, Л.С.Вольская, И.И.Урьев, А.А.Богдасаров // *Современные геологические процессы : Тез. докл. совещ.* – Минск, 1993. – С. 3–4.

- 65 **Еловичева, Я.К.** Результаты палинологических исследований отложений месторождения Гатча в Беларуси / Ред. журн. «Изв. АН Беларуси. Сер. хим. наук». – Минск, 1997. – 34 с. – Деп. в ВИНТИ 22.10.1997, № 3096–В97.
- 66 **Еловичева, Я.К.** К вопросу о возрасте и условиях формирования вмещающих янтарь отложений на участке Гатча-Осово в Беларуси / Я.К.Еловичева, М.А.Богдасаров // Доклады НАН Беларуси. – 1999. – Том 43. – № 5. – С. 106–110.
- 67 **Богдасаров, М.А.** Критерии прогноза янтареносности территории Балтийско-Днепровской провинции в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины / М.А.Богдасаров, Н.Ф.Гречаник // Веснік Брэсцкага універсітэта. – 2004. – № 1 (38). – С. 98–103.
- 68 **Геология Беларуси** / А.С.Махнач, Р.Г.Гарецкий, А.В.Матвеев и др. – Мн. : ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
- 69 **Богдасаров, А.А.** В мире янтаря / А.А.Богдасаров, И.И.Урьев. – Минск : Наука и техника, 1990. – 71 с.
- 70 **Богдасаров, А.А.** Элементы и минералы биологически активных добавок / А.А.Богдасаров, С.А.Силич. – Брест, 2003. – 224 с.