

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕЗИСА ЯНТАРЯ ПРИМОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.Ф. Георгиевский, В.М. Бугина, Н.С. Иванова

Инженерный факультет  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Макляя, 6, Москва, Россия, 117198

Рассматривается новый фактический материал, уточняющий процессы формирования янтаря и механизм его транспортировки в бассейн осадконакопления.

**Ключевые слова:** образование янтаря, транспортировка, осадочный бассейн.

Приморское месторождение относится к разряду уникальных минеральных объектов, где сконцентрировано более 90% мировых запасов янтаря. Оно находится в Калининградской свободной экономической зоне в 40 км к северо-западу от областного центра в прибрежной полосе Земландского полуострова. Месторождение площадью 300 км<sup>2</sup> состоит из нескольких разобщенных участков, представляющих собой останцы янтареносной прусской свиты, уцелевшие от разрушительной деятельности ледников, неоднократно пересекавших Южную Прибалтику в четвертичное время. Свита заключена среди палеогеновых отложений Балтийской синеклизы, которые субгоризонтально залегают на размытой поверхности пород сенонского надъяруса. Возраст свиты считается верхнеэоценовым. По составу она сугубо терригенная. В верхней ее части в основном концентрируются пески, в средней — тонкий песчано-алевритово-глинистый материал; базальный слой свиты, залегающий с размывом на палеоэоценовых отложениях, содержит гальку различных пород и желваки фосфоритов.

Янтарь сконцентрирован главным образом в средней части свиты. Вмещающие его отложения из-за большого количества глауконита имеют голубой оттенок и местными геологами описываются как «пачка голубой земли». В ней сосредоточено только разведанных запасов янтаря более 100 тыс. т. Мощность пачки от 0,5 до 17,4 м, в среднем 7,5 м.

Голубая земля представляет собой плохо сортированные осадки, сложенные материалом от пелитовой до мелкопесчано-глинистой размерности. В целом, это отложения смешанного непостоянного гранулометрического состава, где основной фон создают глинистые, алевритовые и мелкопесчаные слабо окатанные частицы. Янтарь также несортирован и по гранулометрическим показателям отличается от вмещающих отложений. Крупность его изменяется от первых мм, до кусков весом более 14 кг. Максимальные концентрации минерала обычно сосредоточены в нижней части голубой земли. Распределение его по площади месторождения неравномерное (пятнами). Содержание колеблется от 0,2 до 7 кг/м<sup>3</sup>, в отдельных случаях достигает 35 кг/м<sup>3</sup>, в среднем составляет 2 кг/м<sup>3</sup> [1; 3; 4].

Состав янтареносных отложений однотипен по набору минералов, но в количественном отношении он сильно варьирует (табл. 1).

Таблица 1

**Минеральный состав янтареносных отложений**

Компонент	Форма выделений	Содержание, %
Кварц	Слабо окатанные алевро-песчаные зерна и хорошо окатанный гравийный материал	5—60
Полевые шпаты		5—10
Обломки пород		0—5
Слюды	Чешуйки, листочки, таблички	1—5
Глауконит	Аутигенные гроздевидные выделения, подчиненно перемытые зерна	10—45
Глинистые минералы	Темно окрашенная, плохо раскристаллизованная масса (слойки, заполнитель и цемент пород)	5—40
Фосфат	Аутигенные, частью, перемытые микроконкреции и желваки размером до 15 см	1—5
Сидерит	Обособленные микроскопления ромбовидных кристаллитов	В сумме 1—2
Цеолиты	Лучистые друзовидные микровыделения	
Пирит	Разрозненные кристаллы, глобулы и цементные микрозернистые агрегаты	
Терригенные «тяжелые» минералы	Обломочные зерна алевритовой и псаммитовой размерности	0,2—0,5

Рентгенофазовый анализ глинистой части установил в ее составе иллит и примесь монтмориллонита. Цеолиты представлены гейландитом. Последовательность минералообразования янтареносных отложений показана в табл. 2.

Таблица 2

**Основные этапы минералообразования янтареносных отложений**

Компонент	Этап осадкообразования	
	седиментационный	диагенетический
Янтарь	_____	_____
Кварц, полевые шпаты	_____	_____
Обломки пород	_____	_____
Глауконит	_____	_____
Фосфат	_____	_____
Слюды	_____	_____
Пирит	_____	-----
Сидерит	_____	-----
Гейландит	_____	-----
Глинистые	_____	-----

*Примечание.* Сплошной линией обозначены главные компоненты, пунктирной линией — примесные компоненты.

Янтарь является природным полимером, включающим более десятка органических кислот, сложных полиэфиров и спиртов. Химическая характеристика и сертификация янтаря дается по опубликованным данным в табл. 3.

Таблица 3

**Химический состав разновидностей янтаря Приморского месторождения**

Сорт янтаря	Химические компоненты, %			
	С	Н	N + O + SO <sub>3</sub>	Зольность
Прозрачный (сукцинит)	76,63—81,01	10,29—10,83	8,87—10,54	0,32—0,61
Полупрозрачный	76,35—79,23	9,86—10,29	10,2—10,45	0,32—3,04
Непрозрачный	77,83—79,86	10,25—10,33	9,62—10,79	0,11—1,55
Костяной	75,52—79,15	9,89—10,36	9,78—10,84	0,56—5,66
Черный	73,65—78,59	9,55—10,31	10,58—11,66	0,93—6,74

Источник: [1].

Примечание: В янтаре содержатся следующие примеси: Fe; Al; Si; Ca; Mg; Na; Ti; Mn; V; Cu; Pb; Zn; Mo; Cr; Co; Ba; Sr; Zr; Sn; Y; Nb [1].

Физические и морфологические особенности янтаря детально описаны во многих трудах отечественных и зарубежных ученых. В табл. 4 в сжатой форме обобщены наиболее важные диагностические признаки его выделений на Приморском месторождении.

Таблица 4

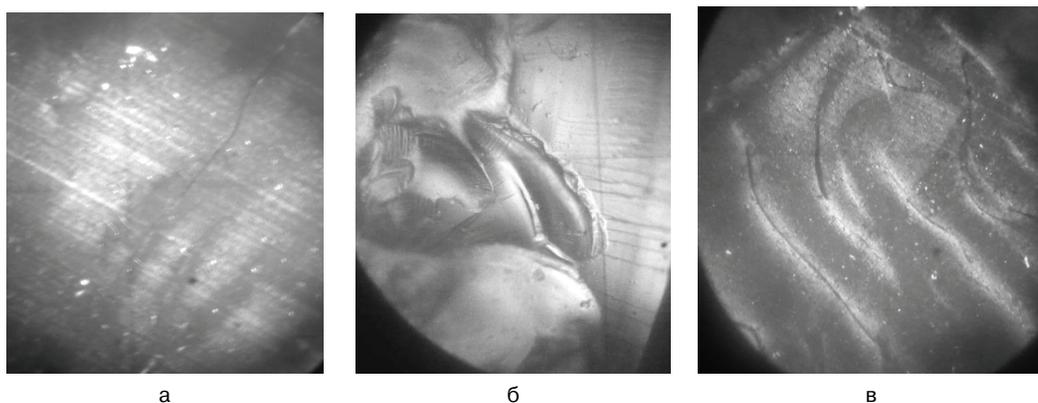
**Характерные параметры выделений янтаря**

Признак	Характеристика
Цветовые оттенки	Желтые, красные, оранжевые, белые, розовые, зеленые, голубые, коричневые, черные
Формы выделения	Настольные и внутristольные (коровые, подкоровые) (капли, желваки, комки, лепешки, слоистые куски неправильной формы, пластинки с серпо-, клино- и линзовидным сечением, сталактиты и др. натечные образования)
Твердость	2—2,5 по шкале Мооса
Излом	Раковистый
Люминесценция	Свечение в ультрафиолете от бледно-голубого до молочно-белого цвета
Электропроводность	Не проводит электричество, но при трении электризуется с накоплением (-) заряда
Температура плавления	508—525 °C
Плотность	1,04—1,05 г/см <sup>3</sup>
Растворимость в химических реактивах	Устойчив в едких щелочах и разбавленных кислотах, в воде. Растворим в H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , горячей HNO <sub>3</sub> , частично в анилине, ацетоне, сероуглероде, этиловом спирте, хлороформе
Включения	Растительные, фаунистические, минеральные, газовые
Оптические свойства	Изотропен, N <sub>ср</sub> = 1,539—1,546, оптические аномалии

Морфологическими особенностями выделений янтаря является отсутствие у них признаков сортировки и окатанности. Другой важный параметр минерала — его оптические характеристики. Особо выделим оптические аномальные явления, которые довольно часто наблюдаются в изотропном янтаре в виде участков с дву-преломлением в светло-серых и белых тонах. Причины возникновения таких явлений, а также сопровождающие их в шлифах структурные рисунки подробно не обсуждались. Вместе с тем механизм появления оптических аномалий доста-

точно хорошо изучен в искусственных полимерах, например в пластмассах [5]. Он объясняется переориентацией макромолекул из хаотичного в ориентированное состояние при появлении в пластмассах внутренних напряжений, которые возникают при изменении физико-химических условий реакции полимеризации вещества. В пластмассах такая молекулярная перестройка приводит к зарождению анизотропных свойств. Логично ожидать, что в янтаре, как в природном полимере, реализация внутренних напряжений протекает по сходному сценарию и, следовательно, сопровождающие их анизотропные оптические явления выглядят аналогично наблюдаемым в пластмассах.

По данным микроскопии, в янтаре выделяются три типа участков с явлением двупреломления, которые отражают перегруппировку молекул на трех этапах формирования янтара (рис. 1).



**Рис. 1.** Этапы формирования оптических аномалий в янтаре, ув. 90 х. Ник. +  
а — ранний этап; б — зрелый этап; в — поздний этап

На **раннем этапе** макромолекулы вытягиваются в направлении движения потока вязкой смолы. Ориентировка макромолекул обусловлена появлением в веществе пластических деформаций и сдвиговых напряжений. Последние, очевидно, возникают из-за разной скорости течения густой смолы в нижней, прилипающей к поверхностям, и верхней «свободной» части потока. В результате в янтаре при включенном анализаторе, благодаря явлению двупреломления, четко проявляется сформировавшаяся субмикрослоистая текстура (рис. 1а). На *зрелом этапе* ориентировка макромолекул подчиняется напряжениям сжатия, вызванным сокращением объема («усадкой») выделений смолы при ее поликонденсации и превращении в янтарь. В изотропном веществе возникают усадочные деформации, сопровождающиеся сложными микродислокациями (рис. 1б). На *позднем этапе* молекулярная переориентировка достигается под воздействием деформаций растяжения вдоль трещин по периферии кусков янтара при деструкции полимерного вещества в процессе его окисления и выветривания (рис. 1в).

Еще одним важным и постоянным структурным элементом янтара являются многочисленные газовые и газовой-жидкие включения, образующие пузыри разной величины. Чаще всего их количество определяет степень прозрачности ян-

таря. В мутных и непрозрачных разностях минерала пузыри наблюдаются при обычных увеличениях и имеют размеры от 0,5 до 0,001 мм. В прозрачных янтарях они устанавливаются только при помощи электронной микроскопии. В последнем случае внутри пузырей фиксируется точечная твердая фаза (рис. 2а). В искусственных полимерах подобные структуры связывают с процессами поликонденсации, при которой выделяются побочные продукты в виде газо-водяной смеси, с последующей частичной ее кристаллизацией [5]. Крупные включения, по мнению большинства исследователей, представляют собой законсервированные пузыри атмосферного воздуха, попавшие в смолу в момент ее истечения. В табл. 5 приводятся результаты гомогенизации воздушных включений, опубликованных в работе Б.И. Сребродольского [1]. Здесь же для сопоставления, нами показаны данные по составу воздуха современной атмосферы и результаты его пересчета, исходя из содержания кислорода 0,5—0,6%.

Таблица 5

**Сопоставление газового состава включений янтаря с составом современной атмосферы (%)**

Элемент	Состав газовых включений янтаря [1]	Химический состав воздуха на уровне моря	Пересчетные данные
H <sub>2</sub>	2,4	0,00005	0,00006
O <sub>2</sub>	0,5—0,6	20,9476	0,5—0,6
N <sub>2</sub>	87,6—93,3	78,084	98,134
CO <sub>2</sub>	3,6—10,2	0,0314	0,039
CH <sub>4</sub> (метан)		0,002	
He	В сумме 0,03	0,000524	В сумме 0,024
Ne		0,01818	
Ar	В сумме 1,093—1,211	0,934	В сумме 1,174
Kr		0,000114	
Xe		0,0000087	

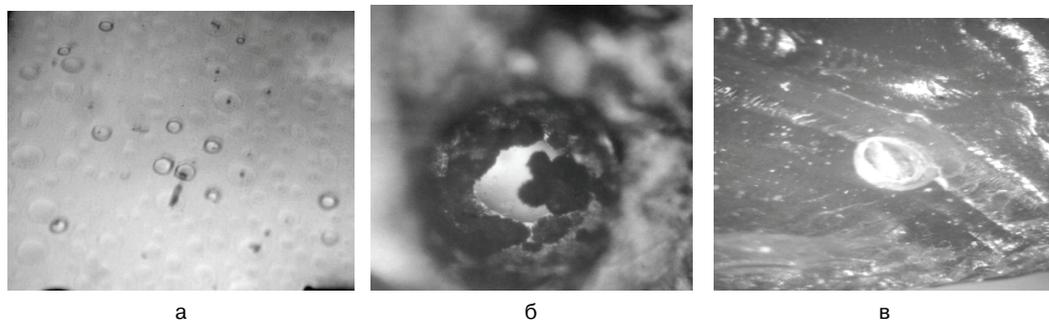
Как видно из табл. 5, газовый состав включений янтаря, по сравнению с составом атмосферного воздуха резко обогащен водородом, углекислым газом, и существенно дефицитен по отношению к кислороду и азоту. Это позволяет уверенно говорить об активном участии микроорганизмов в процессе становления янтарного вещества с подразделением на аэробный, анаэробный и азотфиксирующий бактериальные этапы, в ходе которых соответствующие группы микроорганизмов последовательно изменяли газовый состав включений. В отдельных случаях методами микроскопии в пузырьках удастся зафиксировать минерализованные бактериальные колонии (рис. 2б).

Помимо бактериальных форм в янтаре разными авторами описано более трехсот видов разнообразных растительных и фаунистических остатков прекрасной сохранности. На их основе палеонтологами реконструированы обстановки субтропического климата горной страны типа современной Японии и Южного Китая. Вместе с тем анализ опубликованных материалов показывает, что наряду с наземными органическими остатками в янтарях из разных месторождений фиксируются остатки фауны, средой обитания которой являются речные и морские водоемы (табл. 6).

**Заклученные в янтаре остатки организмов,  
обитавшие в пресных и морских водоемах**

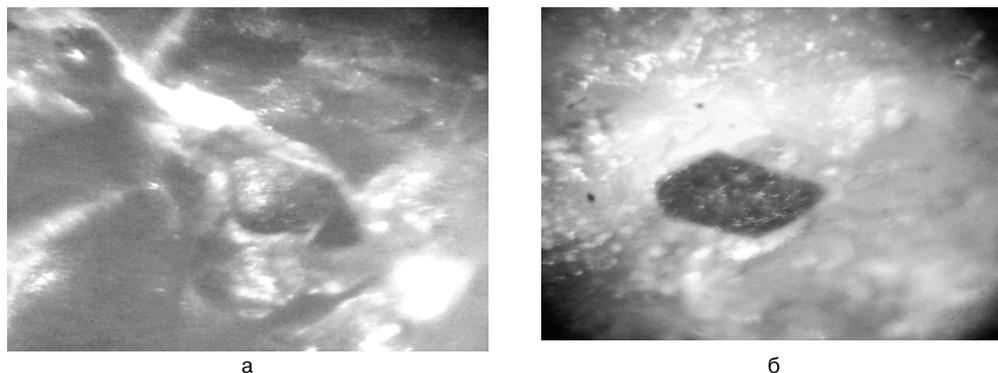
Наименование	Систематика	Среда обитания	Регион	Авторы
Амфиподы (рачки)	Isaeidae Niphargidae	Морское мелководье Пресные водоемы	Прибалтика, P <sub>2</sub> <sup>3</sup>	C. Coleman, A. Myers., 2000 г.
Кораллы		Морское мелководье	Прибалтика, P <sub>2</sub> <sup>3</sup>	Серебродоль- ский, 1984
Водомерки	Gerridae, Hydrometridae	Пресные водоемы		
Личинки веснянки	Trichoptera			
Веснянки	Plecoptera			
Жуки плаунцы	Dytiseidae			
Поденки	Ephemeroptera			
Жуки вертячки	Girmitidae			
Верховодки				
Фораминиферы		Открытый шельф моря	Франция, K <sub>2</sub> m	J. Amos, 2008
Диатомовые				
Радиолярии				
Остатки губок				

Поскольку янтарь включает остатки организмов, обитавших в водной среде, очевидно, что при перемещении до бассейна осадконакопления его выделения, хотя бы частично, сохраняли липкие свойства. Нами выявлены остатки панцирей микрорачков рода *balanus*, замещенных янтарным веществом (рис. 2в). Последнее обстоятельство свидетельствует об определенной подвижности янтарного вещества и его способности участвовать в процессах метасоматоза.

**Рис. 2.**

а — газовые и газовой-жидкие включения в выделениях прозрачного янтара; внутри пузырей фиксируется точечная твердая фаза, ПЭР. Ув. 10 000<sup>×</sup>; б — минерализованные бактериальные колонии (?) внутри газового пузыря янтара, ув. 150<sup>×</sup>. Ник. II;  
в — остатки панциря микрорачков рода *balanus*, замещенного янтарным веществом, бинокуляр. Ув. 40<sup>×</sup>

Из минеральных включений в янтаре описаны пленки пирита, пелитоморфного кальцита, скопления битумов. Нами дополнительно фиксируются захваченные янтарем аутигенные и переотложенные зерна глауконита, таблички слюды и обломки кварца (рис. 3). Следовательно, янтарь, попадая в морские осадки, все еще сохранял липкие свойства, и его превращение в твердое вещество происходило под воздействием диагенеза вмещающих отложений.



**Рис. 3.**

а — зерно обломочного глауконита, заключенное в янтаре. Ув. 90<sup>x</sup>. Ник. II  
 б — выделения аутигенной слюды в янтаре. Ув. 90<sup>x</sup>. Ник. II

В принятых классификациях и инструкциях ГКЗ Приморское месторождение относится к группе прибрежно-морских россыпей [3]. Однако по целому ряду особенностей оно заметно выделяется среди россыпей классического типа. В табл. 7 приводится сопоставительная характеристика этих объектов.

Таблица 7

**Сопоставление характеристик прибрежно-морских россыпных металлоносных месторождений и янтаря**

Характеристика	Россыпь рудных минералов	Приморское месторождение
Механическая прочность полезного минерала	Высокая	Низкая (янтарь хрупкий)
Плотность минерала	Высокая (> 3г/см <sup>3</sup> )	Низкая (-1,05—1,06) (тяжелее пресной, легче морской воды)
Степень сортировки и окатанности материала	Высокая	Низкая (отсутствует)
Связь с гранулометрическим составом вмещающих отложений	Хорошо выражена	Отсутствует
Способность к длительной транспортировке водным потоком	Высокая	Не способен к длительному переносу из-за хрупкости, низкой твердости, и частью слабой литификации (частично находится в вязком, липком состоянии)
Способность к гравитационной аккумуляции в морской воде	Хорошо проявлена (материал тяжелее морской воды)	Отсутствует (материал легче морской воды)
Протяженность в крест простирания залежи	n 100 м	n 10 км

Показанные в таблице различия отражают два разных механизма транспортировки минерального материала в бассейн осадконакопления. Рудные минералы при формировании классических россыпей перемещались вместе с донными наносами речных и морских течений, что обусловило сортировку и окатанность минералов. В отличие от них транспорт янтаря осуществлялся, по нашему мнению, на стволах деревьев, которые реки выносили в море, и где затем они волнами разносились по всей акватории. При насыщении морской водой стволы погружались на дно, и после разложения древесины, куски янтаря самого разного размера и формы попадали в осадки, нередко сохраняя вязкие и липкие свойства.

Благодаря этому к ним прилипал посторонний материал, который по мере окаменения янтаря консервировался по периферии его кусков. В отдельных случаях диагенетическая литификация янтаря протекала неполно, и тогда формировался сорт янтаря, который на месторождении местные геологи называют кранцит, т.е. пластичный, мягкий янтарь, способный легко разрезаться ножом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Сребродольский Б.И.* Янтарь. — М.: Наука, 1984.
- [2] *Лазаренко Е.К.* Курс минералогии. — М.: Высшая школа, 1971.
- [3] *Трофимов В.С.* Янтарь. — М.: Недра, 1974.
- [4] *Краснов С.Г., Каплан А.А.* О генезисе янтареносных отложений палеогена Калининградской области по данным литологических исследований // Литология и полезные ископаемые. — 1976. — № 4.
- [5] *Бартенев Г.М., Френкель С.Я.* Физика полимеров. — Л.: Химия, 1990.

### **SOME ASPECTS OF GENESIS OF AMBER FROM PRIMORSKOYE DEPOSIT**

**A.F. Georgievsky, V.M. Bugina,  
N.S. Ivanova**

Engineering faculty  
Peoples' Friendship Russian University  
*Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198*

The new data ascertaining amberisation process and the amber s transfer mechanism into the sedimentation basin are considered.

**Key words:** genesis of amber, transportation, sedimentary basins.