

УДК 549.892

Богдасаров М.А.

Проблема образования янтаря и других ископаемых смол

Рассмотрены условия образования ископаемых смол разных минеральных видов. Изложены общие подходы к их классификации. Отмечено значение минералогических исследований для диагностики ископаемых смол, типизации их месторождений, повышения эффективности геолого-поисковых и разведочных работ.

Введение

Понятие «ископаемые смолы» следует относить к секретам терпентиновых растений, подвергшихся процессам фоссилизации. Довольно часто их собирательно называют «янтарем», несмотря на то, что этот термин в литературе, в том числе и научной, 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. Поэтому следует ограничивать его и связывать лишь с высокополимеризированной разновидностью ископаемых смол, имеющей распространение, главным образом, на юго-западном побережье Балтийского моря и в бассейне Днепра – сукцинитом. Ископаемые смолы не отвечающие по физическим и химическим свойствам сукциниту, не следует называть «янтарем», для них целесообразно использовать термин «янтареподобные смолы».

Некоторые разновидности ископаемых смол, прежде всего сукцинит, известны в течение многих веков, в то время как другие находки до сих пор остаются практически не изученными. Дальнейшая работа по познанию их природы должна быть направлена на исследование огромного фактического материала, который хранится в коллекциях многих научно-исследовательских учреждений и музеев. Существует множество случайных данных об ископаемых смолах, представленных в различных опубликованных и фондовых работах, часто слабо информативных и плохо поддающихся обобщению и интерпретации. Большое количество находок ископаемых смол вовсе не охвачено исследованиями. Основная причина, вероятно, состоит в том, что важность их изучения для познания природы этих соединений и, как следствие, возможности их дальнейшего использования человеком, в полной мере пока не осознана. Изложенное выше определяет актуальность работ, проводимых в избранном автором направлении.

Содержание исследований

Янтарь (сукцинит) представляет собой палеогеновую ископаемую смолу определенных видов хвойных деревьев, которая в процессе фоссилизации утратила большую часть летучих компонентов. В качестве основного классификационного признака янтаря в минералогии используется его растительное происхождение, что впервые нашло отражение в минералогической системе И.Я.Берцелиуса [1]. В дальнейшем генетический принцип стал ведущим и отмечен в ряде важнейших работ по минералогии органических соединений [13, 14]. Вместе с тем выделение минералов органического происхождения в обособленную группу привело к тому, что она впоследствии оказалась как бы за пределами собственно минералогических классификаций. Этому в значительной степени способствовало отсутствие единства мнений относительно задач минералогии, вытекающее из различного толкования смыслового содержания понятия «минерал» разными авторами. Начиная от И.Г.Валлерия [4], и до наших дней во многих работах прослеживается мысль о том, что для минерала обязательно неорганическое происхождение, а во второй половине XX века обязательным условием для включения каждого природного соединения или однородного тела в понятие «минерал» становится его кристаллическое фазовое состояние. В то же время существуют и другие, более широкие взгляды на содержание понятия «минерал», которые мы находим у В.И.Вернадского [6], Д.П.Григорьева [8], А.Е.Ферсмана [20], Е.К.Лазаренко [11], С.С.Савкевича [16], Н.П.Юшкина [22], которые не исключают возможности отнесения к числу минералов физически и химически индивидуализированных органических соединений – продуктов природных процессов в земной коре, пусть даже биогенного происхождения и некристаллического строения.

Находки янтаря встречаются довольно часто, однако ареал его распространения далеко не так обширен, каким он кажется некоторым авторам [12, 19]. Объясняется это тем, что до последнего времени все известные находки янтареподобных ископаемых смол (геданита, румэнита, бирмита и др.) без необходимой и достаточной идентификации принимались за янтарь. Имевшиеся в литературе данные о свойствах и составе ископаемых смол из различных проявлений и состоянии изученности процессов их эволюции не позволяли до последнего времени обосновать критерии для диагностики и классификации известных минеральных видов, что приводило к необоснованным оценкам янтареносности территорий. При изучении особенностей распространения ископаемых смол на земном шаре нетрудно заметить, что различные их минеральные виды приурочены в основном к территориям, характеризующимся определенными чертами геологической истории (ретиниты – Арктическое побережье Евразии, румэнит – Карпаты и Сахалин, копалы – Восточная Африка).

С.С.Савкевич [15] выделил основной ареал распространения янтаря – Балтийско-Днепровскую провинцию, которая охватывает территорию Дании, юг Швеции, север Германии, практически всю Польшу, Калининградскую область России, Литву, юг Латвии, юго-запад Беларуси и большую часть правобережной Украины. Редкие находки янтаря за пределами указанной территории связаны, по-видимому, с транспортировкой его морскими течениями и реками. Этим обстоятельством и объясняется тот факт, что не все места находок янтаря, известные в литературе (Финляндия, Нидерланды, Великобритания), охвачены границами выделенной провинции.

Вместе с тем следует отметить необоснованность расширения некоторыми исследователями границ Балтийско-Днепровской янтареносной провинции и выделения так называемой Балтийско-Черноморской провинции. Основанием для подобных предположений, по мнению И.А.Майдановича и Д.Е.Макаренко [12], может служить янтареносность олигоцен-миоценовых отложений бассейнов рек Днестр, Прут, Дунай (проявления Предкарпатского прогиба и Румынских Карпат), Северский Донец (Харьковское проявление), лимана Ялпуг (Одесское проявление). При отсутствии данных о минералогии и химическом составе, не говоря уже о более подробной информации об ископаемых смолах этих проявлений, необоснованным и вызывающим сомнение является отнесение последних к проявлениям янтаря (сукцинита). Непосредственная близость некоторых упомянутых выше проявлений к областям распространения другого минерального вида ископаемых смол – румэнита также заставляет задуматься о правомерности включения их в состав Балтийско-Днепровской провинции.

Для процесса образования и сохранения янтаря были необходимы определенные палеогеографические условия. Известно, что во всей геологической истории Земли до начала кайнозойской эры, т.е. до палеогена янтарь почти не встречается. Средняя продолжительность эпохи янтареобразования определена приблизительно в 3 млн. лет и соответствует концу среднего (киевское время) – началу позднего (харьковское время) эоцена, в абсолютном летоисчислении 43-40 млн. лет тому назад [21]. Эти выводы, получены исходя из фактических данных о 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 [12].

Янтарь представляет собой продукт жизнедеятельности ископаемых сосен объединяемых под общим названием *Pinus succinifera* (сосна янтареносная) [7]. До сих пор, однако, не существует единого мнения относительно причин сукциноза – обильного выделения этими хвойными смолы, впоследствии превратившейся в янтарь. Довольно долгое время популярностью пользовалась гипотеза, объяснявшая

обильное смоловыделение сосен неблагоприятными условиями их произрастания. С.С.Савкевич [15] не касаясь, по его мнению, еще недостаточно исследованных причин сукциноза, оставлял этот вопрос открытым, полагая, 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.

Принципиально новый подход к этой проблеме предложили украинские геологи И.А.Майданович и Д.Е.Макаренко [12] и их белорусские коллеги В.Е.Бордон и Л.И.Матрунчик [3], впервые рассмотревшие геохимические условия произрастания янтареносных лесов, которые могли явиться определяющими в проблеме поиска причин сукциноза.

По гипотезе украинских ученых предполагается, что источником болезненного раздражения хвойных, вызвавшим обильное смоловыделение, явилось сероводородное заражение позднеэоценового моря, которое было вызвано, по их мнению, поступлением в его воды значительных масс ювенильной серы. По мере трансгрессии эоценового моря и увеличения в его водах содержания сероводорода значительные площади хвойных лесов оказывались подтопленными сероводородным мелководьем. В результате нарушился баланс минерального питания деревьев, в составе которого значительную и губительную для растений долю составили соединения серы.

Важнейшей особенностью янтареносных отложений, с позиций белорусских геологов, также является их микроэлементный состав, и в частности, повышенное содержание бора. Анализ отложений, на которых могли расти сосновые леса, по данным этих авторов, показывает, что в составе палеогеновых глауконит-кварцевых песков Беларуси содержание бора почти в 10 раз выше по сравнению с ниже- и вышележащими пластами. Хвойные, постепенно заселявшие прибрежные территории с повышенной концентрацией этого элемента, реагировали смоловыделением, принимавшим гипертрофические размеры.

Процесс образования янтаря, по современным представлениям [9, 15, 18], разделяется на несколько этапов. Первый охватывает образование живицы (терпентина), 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 относительно высокой температуре (+18+20°C), 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, ограничивалась временем существования янтареносного дерева, т.е. несколькими столетиями.

После отмирания деревьев смола попадала в почву, где 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 испытывала 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 физических и химических свойств – увеличилась твердость, повысилась температура плавления и т.д.

Третий этап в образовании янтаря сопровождался размывом, переносом и отложением ископаемой смолы из лесных почв в водный бассейн. В.И.Катинас [9] превращения смолы на конечном этапе образования янтаря рассматривал лишь как дополнение к тем изменениям, которые происходили в почве янтарного леса и которые, по его мнению, и придали смоле основные свойства янтаря. Иная точка зрения С.С.Савкевича [15] и Б.И.Сребродольского [18], по данным которых превращение смолы в янтарь в течение третьего этапа проходило при участии кислород-содержащих, обогащенных калием щелочных иловых вод. Последние, взаимодействуя со смолой, способствовали дальнейшему протеканию в ней ряда превращений, приводящих, в конечном итоге, к образованию в свободном виде янтарной кислоты и некоторых соединений кислорода.

Формирование различных минеральных видов ископаемых смол обусловлено как первичными палеоботаническими, так и вторичными литогенетическими факторами. Первые из них – биогенная специфика экскретов растений-производителей на уровне вида и различия физиологических и климатических условий, вызывающие, например, изменение соотношения терпенов и смоляных кислот в смолах к моменту выделения живицы. Затем под воздействием солнечного тепла идут процессы, заметно нивелирующие химический состав экскретов: изомеризация, сокращающая разнообразие смоляных кислот, и испарение легколетучих соединений. Попутно начинаются процессы поликонденсации. В зависимости от геохимической обстановки на первых этапах захоронения (в почве «янтарного» леса) смолы подвергаются превращениям (от авторедукции до автоокисления), в разной мере изменяющим соотношение периферических функциональных групп, а в случае автоокисления – ведущим и к изменению полимерного каркаса.

Дальнейшие различия, главным образом, в текстуре, структуре, молекулярном строении и некоторых физических свойствах зависят от

различной интенсивности проявления агентов катагенеза – температуры и давления, – что обусловлено, в свою очередь, различиями в геологических условиях областей захоронения ископаемых смол. Подтверждение этого вывода было получено при лабораторном моделировании процесса превращения сукцинита в румэнит. Наконец, заметное влияние на текстуру, состав и молекулярное строение смол оказывают гипергенные факторы, в первую очередь кислород. Именно выветриванию румэнита обязан своим происхождением шрауфит, как показало сравнение его эталонного образца с гипергенно измененной зоной образцов румэнита [16]. Частным случаем превращения ископаемых смол является их осернение на стадиях диагенеза и (или) катагенеза, приводящее к появлению специфических их видов. Обращает на себя внимание тот факт, что вследствие сходного сочетания геологических условий фоссилизации ископаемые смолы весьма разобщенных районов обладают идентичным химическим строением и свойствами [2, 17].

Описанное выше сочетание разных факторов позволяет объяснить непрерывность в изменении структуры, состава и свойств ископаемых смол, что было показано на примере ряда сукцинит-геданит [15]. Отсюда же следует, что многие выделенные ранее виды ископаемых смол [14] в определенной части представляют собой крайние или промежуточные члены переходных рядов, которые могут отождествляться с минеральными видами, обладающими различными для конкретных случаев пределами изменчивости.

Первичные залежи ископаемых смол в пределах Балтийско-Днепровской провинции в настоящее время неизвестны. Первичными, в строгом понимании этого термина, могут считаться только ископаемые почвы лесов, однозначно характеризующиеся наличием в них корневой системы и (или) стволов деревьев в ненарушенном залегании. Ввиду очевидной переотложенности янтаря в палеогеновых отложениях Прибалтики, выяснение условий образования месторождений разные авторы [3, 5, 9, 10] сводили к реставрации процесса разрушения первичных янтареносных залежей, транспортировки янтаря к месту его вторичного залегания и захоронения в осадочной породе.

В настоящее время известно два принципиально возможных способа переотложения янтаря и формирования россыпей. Первый – это захоронение в устье реки, эродировавшей янтареносные отложения на площади своего водосбора и вымывавшей из них янтарь [9]. В этом случае связь крупных концентраций ископаемых смол на Самбийском полуострове с уникальной авандельтовой обстановкой, в сущности, дает отрицательный прогноз на возможность обнаружения новых промышленных скоплений янтаря на территории Балтийско-Днепровской провинции и требует всесторонне критического подхода от каждого исследователя, разделяющего эту гипотезу.

Второй способ – это захоронение янтаря в прибрежных осадках трансгрессировавшего моря, размывавшего сушу с его первичными залежами [10]. Связь крупных концентраций янтаря с фацией открытого шельфа снимает ограничения, касающиеся размеров и размещения янтареносных площадей, неизбежно налагавшиеся дельтовой концепцией. Открытие новых месторождений, связанных с палеогеновыми отложениями, возможно, таким образом, в некоторых районах Польши, Беларуси и Украины [2].

Попыткой снять все противоречия, имеющиеся между дельтовой и шельфовой концепциями формирования янтареносных отложений, можно считать точку зрения В.Е.Бордона и Л.И.Матрунчика [3], в соответствии с которой накопление янтаря происходило в условиях обширных лагун, не полностью отгороженных от открытого моря низкой косой или баром. Следует, однако, отметить, что хотя, по мнению этих авторов, только такой механизм может объяснить все литологические особенности пород продуктивного горизонта и характер распределения янтаря в плане и по разрезу толщи, он не является общепризнанным и требует дальнейшего изучения.

Важное прикладное значение имеет типизация месторождений и проявлений янтаря и других ископаемых смол, 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. Тем не менее, к сожалению, в литературе известны лишние необходимых геологических предпосылок и недостаточно доказательные работы [19], в которых предлагаются примеры различных генетических типов месторождений янтаря. Представляется очевидным, что важнейшими предпосылками для типизации проявлений, должны служить минералогические определения ископаемых смол и детальная реконструкция условий формирования вмещающих пород, выполненная на основании результатов специальных геологических исследований.

Но, учитывая недостаточный объем информации о генезисе большинства известных проявлений смол, их классификацию целесообразно проводить лишь в общих чертах, выделяя первичные проявления, характеризующиеся отсутствием переноса ископаемых смол, и вторичные проявления, образование которых связано с процессами их переноса и переотложения в разных масштабах. Последние, в свою очередь, могут делиться на погребенные и современные россыпи разных типов. Вследствие низкой плотности, высокой хрупкости и относительно небольшой твердости ископаемых смол для концентрации их в россыпях требуются особые условия, которые наблюдаются в природе в редких случаях. Тем не менее, известны россыпи ископаемых смол почти всех существующих

генетических типов, но лишь отдельные из них имеют промышленную ценность.

Древние погребенные прибрежно-морские и лагунно-дельтовые россыпи палеогенового возраста являются основным источником янтаря в мире. В пределах Балтийско-Днепровской провинции к прибрежно-морскому и лагунно-дельтовому типам принадлежат Пальмникенское месторождение в Калининградской области России и Клесовское месторождение в Ровенской области Украины. Янтареносные отложения палеогенового возраста, развитые в юго-западной части Беларуси, также относятся к прибрежно-морскому и лагунно-дельтовому типам. Древние погребенные флювиогляциальные и озерно-аллювиальные россыпи четвертичного возраста в пределах Балтийско-Днепровской провинции известны в областях распространения древних материковых оледенений. К этим генетическим типам относятся все известные в отложениях этого возраста точки находок янтаря Беларуси [2].

Заключение

Образование большого числа видов янтареподобных ископаемых смол обусловлено не только первичными палеоботаническими, но и вторичными литогенетическими факторами, которые, по нашему мнению, играют определяющую роль. Это подтверждает и тот факт, что разные виды янтареподобных смол приурочены к территориям, имевшим в прошлом сходные геологические условия fossilization, вследствие чего ископаемые смолы весьма разобщенных районов обладают идентичным химическим строением и свойствами. В настоящее время хорошо известно, что в одном месте (даже в пределах одного проявления) могут встречаться несколько различных видов ископаемых смол. Современные физико-химические методы исследований позволяют однозначно диагностировать янтарь (сукцинит), а также другие ископаемые смолы, многие из которых уступают янтарю как по качеству, так и по стоимости. Это позволяет избежать неоправданных затрат при проведении поисково-оценочных работ на этот вид минерального сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берцелиус И.Я.* Некоторые замечания о янтаре // Горный журнал.– 1829.– Т. 3.– Кн. 9.– С. 482.
2. *Богдасаров М.А.* Ископаемые смолы Северной Евразии // Брест: БрГУ, 2005.– 180 с.
3. *Бордон В.Е., Матрунчик Л.И.* Окаменевшие слезы, или Сказание о янтаре Полесья // Минск: Наука и техника, 1989.– 111 с.
4. *Валлерий И.Г.* Минералогия, или описание всякого рода руд и ископаемых из земли вещей // Санкт-Петербург, 1763.
5. *Василишин И.С., Панченко В.И.* Методы поисков и оценки месторождений янтаря на территории Украины и Белоруссии / Пути повышения эффективности поисковых работ на пьезооптическое и камнесамоцветное сырье // Москва: ВИЭМС, 1982.– С. 70–72.
6. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста // Москва: Наука, 1988.– 520 с.
7. *Генперт Г.* О происхождении янтаря // Горный журнал.– 1838.– Т. 3.– Кн. 9.– С. 500–502.

8. *Григорьев Д.П.* Основные проблемы минералогии // Записки Всесоюзного минералогического общества.– 1943.– №2.– С. 444–456.
9. *Катинас В.И.* Янтарь и янтареносные отложения Южной Прибалтики / Сборник трудов ЛитНИГРИ // Вильнюс: Минтис, 1971.– Вып. 20.– 150 с.
10. *Краснов С.Г., Каплан А.А.* О генезисе янтареносных отложений палеогена Калининградской области по данным литологических исследований // Литология и полезные ископаемые.– 1976.– №4.– С. 95–106.
11. *Лазаренко Е.К.* Курс минералогии // Москва: Высшая школа, 1963.– 462 с.
12. *Майданович И.А., Макаренко Д.Е.* Геология и генезис янтареносных отложений Украинского Полесья // Киев: Наукова думка, 1988.– 84 с.
13. *Муратов В.Н.* Опыт построения генетической классификации органических минералов // Вестник Ленинградского государственного университета. Серия геологии и географии.– 1961.– Вып. 3.– С. 125–139.
14. *Орлов Н.А., Успенский В.А.* Минералогия каустобиолитов // Москва-Ленинград: Изд. АН СССР, 1936.– 198 с.
15. *Савкевич С.С.* Янтарь // Ленинград: Недра, 1970.– 190 с.
16. *Савкевич С.С.* Новое в минералогическом изучении янтаря и некоторых других ископаемых смол / Самоцветы // Ленинград: Наука, 1980.– С. 17–28.
17. *Савкевич С.С., Соколова Т.Н.* Янтареподобные ископаемые смолы Евразии / Конденсированное некристаллическое состояние вещества земной коры. Тезисы докладов семинара // Сыктывкар, 1989.– С. 82–83.
18. *Сребродольский Б.И.* Янтарь Украины // Киев: Наукова думка, 1980.– 124 с.
19. *Трофимов В.С.* Янтарь. – М.: Недра, 1974. – 183 с.
20. *Ферсман А.Е.* Драгоценные и цветные камни СССР / Избранные труды // Москва: Изд. АН СССР, 1962.– С. 37–39.
21. *Харленд У.Б., Кокс А.Б., Ллевелин П.Г. и др.*: Шкала геологического времени / Ред. В.В. Меннер // Москва: Мир, 1985.– 139 с.
22. *Юшкин Н.П.* Сингенез, взаимодействие и коэволюция минерального и живого вещества / Минералогия и жизнь. Тезисы докладов // Сыктывкар, 1993.– С. 5–7.

БОГДАСАРОВ М.А. Проблема утворення бурштину та інших викопних смол.

РЕЗЮМЕ. Родовища викопних смол рідкісні і вивчені відносно слабо. Інформація про генезис більшості відомих родовищ недостатня. В зв'язку з цим їх класифікацію слід проводити лише в загальних рисах. Результати мінералогічних досліджень дозволяють діагностувати смоли, типізувати родовища, підвищити ефективність їх пошуку та розвідки.

БОГДАСАРОВ М.А. Проблема образования янтаря и других ископаемых смол.

РЕЗЮМЕ. Месторождения ископаемых смол редки и изучены относительно слабо. Информация о генезисе большинства известных месторождений недостаточна. В связи с этим их классификацию следует проводить лишь в общих чертах. Результаты минералогических исследований позволяют диагностировать смолы, типизировать месторождения, повысить эффективность их поиска и разведки.

BOGDASAROV M.A. Problem of amber and other fossil resins formation.

SUMMARY. Deposits of fossil resins are rare and are not well studied. Information on most of known deposits genesis is insufficient. In this connection their classification should be carried out in general outline. The results of mineralogical studies allow to diagnose resins, to typify the deposits, to increase the effectiveness of their search and exploration.

*Надійшла до редакції 27 грудня 2005 р.
Представив до публікації проф. В.Д.Євтехов.*