

М. А. Богдасаров, д-р геол.-минерал. наук, профессор (Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина), bahdasarau@gmail.com, ORCID-0000-0002-2039-679X,

Г. И. Рудько, д-р геол.-минерал. наук, д-р геогр. наук, д-р тех. наук, профессор (Государственная комиссия Украины по запасам полезных ископаемых), office@dkz.gov.ua, ORCID-0000-0001-7752-4310

ГЕОЛОГО-ЭВОЛЮЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ СМОЛОГЕНЕЗА

Ископаемые смолы – особая группа природных органических соединений. Работа посвящена установлению особенностей формирования, распространения, свойств, состава различных видов ископаемых смол. В статье рассмотрена эволюция представлений о происхождении ископаемых смол, приводятся сведения об источниках смолоносной растительности, обсуждается проблема сукциноза и роль химического воздействия минеральной среды, вмещающей смолы, на процесс их образования, обоснованы перспективы выявления новых залежей смол в северной части Евразии.

Ключевые слова: ископаемые смолы, смологенез, фитогеографические области, сукциноз, фоссилизация, диагенез, сукцинит, румэнтит, геданит, ретиниты, россыпи.

Приступая к обсуждению проблемы генезиса ископаемых смол, нужно отметить, что за более чем 130 лет, начиная с публикации Г. Гепперта [15], этой тематике было посвящено множество работ, ни одна из которых так и не смогла полностью ответить на весь спектр вопросов, касающихся ботанической принадлежности смолоносных растений, причин сукциноза, особенностей фоссилизации живицы и превращения ее в смолу, видового разнообразия ископаемых смол, условий накопления смол и образования значительных их скоплений и, наконец, места ископаемых смол в классификации природных некристаллических образований.

Общим для всех смол свойством является не их химическая структура или какие-либо физические константы, а происхождение. Смолы представляют собой экскрет (выделения) растений, не при-

нимающие, по-видимому, после своего образования участия в жизненных процессах растительного организма. В живом растении собственно смолы оказываются в большей или меньшей степени разбавленными эфирными маслами, образуя живицу. Растения, служившие источником живицы, из которой возникли смолы, в основной массе принадлежали к хвойным. Оговорка необходима лишь для части смол, которая связана с палеозойскими углями [17, с. 117] и берет начало от древнейших представителей голосемянных типа кордаит.

Исследования, представленные в работе [2], позволяют подтвердить растительную природу всех ископаемых смол, но дальнейшее выявление их ботанической принадлежности и разделение смол на группы по этому признаку затруднительно, поскольку проведенные исследования живицы современных

хвойных (9 видов) не дали однозначно ответа на этот вопрос. Используя материалы В. С. Трофимова [12, с. 12] и собственные данные, мы сопоставили все известные находки смол с областями распространения флористических сообществ мел-палеогенового времени. Анализ имеющихся данных показал, что за редким исключением почти все находки смол встречаются в пределах двух важнейших фитогеографических областей – хвойно-широколиственных лесов умеренного влажного и теплого климата (тургайская флора) и листопадной и вечнозеленой растительности субтропического климата (полтавская флора). По-видимому, образование ископаемых смол было закономерным явлением в эволюции растительного мира нашей планеты, обусловленным крупнейшей перестройкой растительного покрова в апт-альбское время [12, с. 13]. Эта перестройка и наступление новой стадии развития растительного мира – кайнофита сказались на быстром распространении покрытосеменных, появлении новой формации хвойных и исчезновении целого ряда папоротниковых, цикадовых, саговых, беннетитовых и других форм растительности мезофита.

В кайнофите выделяются две последовательные фазы. Первая охватывает поздний мел – палеоцен и характеризуется слабо выраженной климатической и ботанико-географической зональностью. Четкой границы между областями хвойно-широколиственных лесов теплоумеренного климата и субтропической листопадной и вечнозеленой растительности еще не было. Судя по находкам растительных остатков и включений насекомых в смолах [12, с. 168], можно утверждать, что образование последних пространственно и генетически было связано именно с растительностью указанных областей. Вторая фаза кайнофита начинается с эоцена. Климатическая и ботанико-географическая зональность в ней были выра-

жены достаточно отчетливо. Во второй фазе кайнофита районы распространения ископаемых смол сузились и обособились, смолообразование стало менее интенсивным, чем в меловом периоде, но сохранилось, поскольку существенных изменений в составе растительности, связанных с появлением новых форм, не произошло. К концу олигоцена в связи с похолоданием климата на рассматриваемой территории смолообразование сильно уменьшилось.

Начиная с середины мела и вплоть до конца олигоцена в пределах фитогеографических областей северной части Евразии существовала более или менее однотипная растительность, поэтому выделить отдельные районы, резко отличающиеся друг от друга по ботаническим сообществам, почти не представляется возможным. К тому же далеко не все ископаемые смолы могут быть сопоставлены с живицами современных хвойных растений с целью выяснения черт их сходства и различия, поскольку изначальные химические особенности смол сохраняются лишь в отдельных, исключительных случаях. В работе [8] систематизированы результаты исследований химического состава живиц хвойных растений, произрастающих на территории северной части Евразии, рассмотрены состав, структура и свойства терпеноидов тридцати видов хвойных, прослежены хемотаксономические признаки хвойных растений по родам и видам. Тщательно проанализировав содержащуюся в этой работе информацию и сопоставив с ней имеющиеся в нашем распоряжении результаты исследований смол, мы пришли к выводу о некотором сходстве состава живиц рода *Pinus*, подрода *Strobus* (*Haploxyton*), секции *Strobus* со смолами группы ретинита, что в определенной степени соотносится с мнением С. Ларссона [16, с. 41].

До сих пор не существует единого мнения относительно причин обильного выделения хвойными смолами, впоследствии превратившейся в ископаемые смолы.

Довольно долгое время популярностью пользовалась гипотеза Г. Конвенца [14], объяснявшая обильное смоловыделение сосен неблагоприятными условиями их произрастания. Однако подробное изучение смолоносности современных хвойных [3, с. 78] показало, что интенсивные ранения деревьев, особенно лесные пожары, нарушают их водоснабжение и уменьшают выходы живицы. Выработка растениями смолы зависит не от повреждений, которые являются лишь необходимым условием для истечения живицы, а от индивидуальных свойств деревьев и условий их произрастания. Точно установлено, что слабость растений является следствием интенсивного смоловыделения, а не наоборот. Ослабленные деревья обычно малопродуктивны и первыми становятся жертвой вредителей. Следовательно, как нам представляется, теория Г. Конвенца объясняет не причины высокой смолопродуктивности “янтарных” хвойных, а лишь причины смолистечения.

Продуктивность зависит от всего комплекса физиологических процессов, протекающих в дереве, нарушение которых может привести или к резкому увеличению, или уменьшению выхода живицы [3, с. 78]. Подчеркнем, что выход живицы у современных хвойных постепенно увеличивается к югу, достигая своего максимума на самой границе ареала произрастания. Кроме того, высокую смолоносность (отдельные куски живицы достигают 20 кг) имеют некоторые виды хвойных тропического пояса (*Agatis australis*). Другим фактором является влажность среды их обитания. Известно, что во влажную погоду выход живицы возрастает, поскольку в зависимости от влажности меняется давление в смоляных ходах. Однако избыточная влажность отрицательно отражается на продуктивности деревьев. Слабый выход живицы в условиях постоянного избыточного увлажнения объясняется тем, что размеры ствола и корневой системы сильно уменьшаются, и хотя число

смоляных ходов возрастает, но осмотическое давление в них не изменяется [3, с. 78]. Поэтому оптимальная для хвойных влажность воздуха и почвы, по нашему мнению, является первоочередным условием повышения выхода живицы. Большое влияние на продуктивность деревьев оказывает температура воздуха и почвы, а также развитие кроны и диаметр ствола, следовательно, можно утверждать, что высокая смолопродуктивность “янтарных” хвойных зависела главным образом от благоприятных условий их произрастания.

Целый ряд исследователей указывает на изменение климата в эоцене в сторону потепления. Еще по данным О. К. Каптаренко-Черноусовой [4, с. 33], известно, что киевское время (средний эоцен) являлось более теплым, по сравнению с предшествующим ему бучакским и последующим харьковским. В. И. Баранов [1, с. 45] отмечал, что эоценовая флора Европы свидетельствует о резком потеплении климата и большей его гумидности. На основе этих данных В. И. Катинас [5, с. 25–30] объяснил возникновение повышенной смолоносности хвойных в связи с потеплением климата. Скрупулезный анализ данных по палеогеографии времени образования смолоносных отложений северной части Евразии, изложенный в работе [2], позволяет говорить о наибольшей правдоподобности незаслуженно забытых выводов А. Бахофен-Эхта [13, с. 41], который огромные количества смолы связывал с длительностью процесса ее выделения и большой площадью “янтарных” лесов. Согласно палеоботаническим данным, представленным в работе [2], наиболее правдоподобным является предположение, что ископаемые смолы образовывались в условиях теплого, влажного климата. Свообразные леса, где господствовали теплолюбивые хвойные растения, которые обильно продуцировали живицу в условиях теплого влажного субтропического, близкого к тропическому климата, произрастали

на больших территориях. Живица этих деревьев в результате воздействия многих геологических факторов послужила основой образования первичных залежей смол, постепенно размывающихся в мелководной прибрежной зоне морских бассейнов на территории разных районов Северной Евразии.

Смолообразование – это естественный процесс, который нельзя связывать с какими-либо экстремальными факторами, например климатическими (похолодание, тропические ураганы, лесные пожары), геологическими событиями (затопление лесов морскими водами, неблагоприятное влияние почвенных растворов), особыми биологическими условиями (повреждение деревьев различными насекомыми, паразитическими растениями и грибами). Хотя все эти явления действительно могли иметь место, согласиться с такими объяснениями причин сукциноза нельзя, поскольку хвойные растения произрастали в совершенно нормальных условиях жизни, и выделение живицы у них полностью соответствовало весьма благоприятным условиям их обитания. Д. Е. Макаренко [7, с. 64–65] совершенно справедливо отмечает, что интенсивное развитие животных и растительных сообществ возможно только при благоприятных для этого условиях и напоминает, что образование ракушечников, мела, мраморов, кладбищ динозавров обусловлено не плохими, а благоприятными жизненными условиями для существования моллюсков, кокколитофорид, сине-зеленых водорослей и рептилий.

Мы считаем, что нормальная смолоносная система ископаемых хвойных растений вполне могла отличаться увеличенными диаметрами смоляных каналов, о чем говорят находки очень больших кусков ископаемых смол. Следовательно, несколько повышенная продуктивность была характерна для них и в нормальных условиях. Янтареносные хвойные произрастали в зоне перехода вечнозеленой субтропической расти-

тельности в хвойно-широколиственную [11, с. 115]. Процессы смоловыделения – естественные процессы жизнедеятельности деревьев, причем не только хвойных. Эти процессы, сопровождающие жизнь дерева, способствовали образованию значительных количеств живицы в разное время во многих районах Земли. Повреждения деревьев на протяжении их жизни могут быть вызваны разнообразными причинами – деятельностью насекомых, птиц, мелких грызунов и более крупных млекопитающих, а также ураганскими ветрами, ударом молнии, лесными пожарами, резкими суточными колебаниями температуры. Поэтому можно считать, что все перечисленные факторы играли существенную роль в образовании смол. Но образование крупных смолопроявлений связано не столько с повышенной смолопродуктивностью ископаемых хвойных, сколько с благоприятными фациальными обстановками последующего накопления смол, в противном случае во вторичном залегании не смогли бы образоваться значительные скопления смол.

Довольно часто все различия между минеральными видами ископаемых смол некоторые исследователи [12] объясняют различиями вещественного состава исходной живицы растений, из которых они произошли, и лишь в незначительной мере теми изменениями, что испытывала живица в процессе фоссилизации и диагенеза. Основываясь на изучении физико-химических свойств ископаемых смол северной части Евразии, а также особенностей строения и состава смолоносных отложений, выполненных в рамках исследования [2], и взяв за основу построения С. С. Савкевича [9, с. 159–170], сделанные им в процессе изучения смол Прибалтики, рассмотрим доказательства, свидетельствующие о влиянии на живицу и смолы вмещающих пород, а также совокупность факторов, которые способствовали образованию различных видов смол.

Процесс образования ископаемых смол, по нашему мнению, включает несколько последовательных этапов. Первый из них охватывает образование живицы, ее истечение из дерева, а также начальные моменты фоссилизации на дневной поверхности. Поверхностные изменения живицы, происходившие при относительно высокой температуре, свободном доступе воздуха, воздействии света, вызывали испарение летучих компонентов, поликонденсацию и окисление смоляных веществ, изомеризацию смоляных кислот, вызывающую сокращение их многообразия, и приводили к потемнению, увеличению плотности и в итоге – к затвердеванию смолы. Продолжительность первого этапа была невелика и ограничивалась временем существования смолоносного дерева, т. е. первыми столетиями. Исходные различия в составе живицы, обусловленные различными физиологическими и климатическими факторами, достаточно быстро нивелируются (в пределах вида и даже рода), нередко уже при жизни растений, за счет процессов изомеризации смоляных кислот. Этот вывод легко подтвердить наблюдением за изменениями, происходящими с живицей современных тропических растений, превращающейся в копал.

На втором этапе, после того как затвердевшая живица попадет в почву, ее дальнейшие преобразования будут зависеть от обстановки среды – аэробной или анаэробной. В обоих случаях вначале она будет подвергаться бактериальному воздействию, которое, затрагивая лишь поверхностную часть образца, приводит к образованию тонкого (в доли миллиметра) пылеватого налета (типичного для исследованных нами смол, идентифицированных как геданит).

В аэробной обстановке будут продолжаться процессы поликонденсации и окисления, приводящие к дальнейшим изменениям физических свойств смолы. Она постепенно приобретает более

темные оттенки желтого цвета, покрывается корочкой окисления различной мощности, увеличивается ее твердость, повышается температура плавления, снижается растворимость в различных растворителях. Таким образом, в процессе субаэрального диагенеза в смоле начинается формирование пространственного полимерного каркаса, благодаря возникновению в макромолекуле ряда дополнительных кислородных связей, о чем свидетельствует изменение некоторых из перечисленных свойств смол.

В анаэробной обстановке, характерной, например, для торфяников, процессы окисления в смолах прекращались, и они претерпевали изменения, которые можно охарактеризовать как процессы авторедукции. Затем смола подвергалась изменениям, которые были обусловлены химической природой вмещающих ее отложений. Указанные обстоятельства приводили к появлению у таких смол, пространственно и генетически связанных с месторождениями бурых углей, ряда свойств, существенно отличающих их от смол, формировавшихся в аэробных условиях, – отсутствию корочки окисления, высокой хрупкости, низкой температуре плавления, высокой растворимости.

Третий этап в образовании большинства смол характеризуется размытием первичных вмещающих пород, переносом и отложением смол в новый бассейн седиментации, что знаменует собой изменение окружающей геохимической обстановки. В. И. Катинас [5, с. 60–64] превращения смол на конечном этапе их образования рассматривает лишь как дополнение к тем изменениям, которые происходили в почве “янтарного” леса и которые, по его мнению, придали смоле ее основные характерные свойства. Рассмотрим иную точку зрения, высказанную С. С. Савкевичем [9, с. 159], и покажем, что его гипотеза хорошо подтверждается нашими данными.

Все находки ископаемых смол, диагностированные нами как янтарь (сукцинит), связаны с песчано-глинистыми породами, содержащими глауконит, что говорит о формировании этих отложений в субаквальной обстановке. Присутствие во вмещающих янтарь породах, наряду с глауконитом, сидерита и пирита свидетельствует об интенсивном протекании в них процессов диагенеза, причем глауконит в присутствии кислорода в обогащенных калием иловых водах образуется первым из аутигенных минералов, о чем свидетельствуют данные изучения под микроскопом шлифов “голубой земли”.

Проницаемость янтаря для жидкостей и газов, а также его способность набухать в воде дали основание С. С. Савкевичу [9] утверждать, что свойства смолы могли подвергаться влиянию на нее обстановки, существовавшей в осадке во время его перезахоронения. Таким образом, содержащие кислород и обогащенные калием иловые воды в щелочной среде взаимодействовали со смолой и способствовали протеканию в ней ряда внутри- и межмолекулярных превращений, приведших к образованию различных оксисоединений и в конечном итоге – к отщеплению в свободном виде янтарной кислоты. Процессы автоокисления (равно как перераспределения кислорода в смолах) протекают интенсивно именно в щелочной среде, и особенно в присутствии калия.

При рассмотрении условий фоссилизации, приводящих к образованию янтаря, особый интерес представляет приуроченность содержания янтарной кислоты в ископаемых смолах к их залеганию среди других пород, подобных по условиям диагенеза “голубой земле” Прибалтики. Все изученные нами виды смол, характеризующиеся наличием янтарной кислоты, также залегают среди содержащих глауконит пород. В качестве примера приведем белорусские и украинские смолы, которые по физическим свойствам и химическому составу

аналогичны сукциниту, содержат янтарную кислоту (5,62–7,11 %) и залегают в глауконитовых песках.

Изложенные факты показывают, что образование сукцинита, т. е. химические превращения ископаемой живицы, сопровождающиеся появлением в ней разных кислородных соединений, в том числе янтарной кислоты и ее эфиров, в сочетании с характерными изменениями физико-химических свойств, происходит преимущественно при захоронении окисленных смол в осадках с изменчивой окислительно-восстановительной обстановкой и щелочной средой. В неокисленных смолах, формирование которых до размытия их первичных залежей протекало в анаэробной среде, складывался комплекс совершенно иных свойств, характерных, например, для геданита и ретинита. В морской воде и сукцинит, и другие смолы могли находиться в одинаковой геохимической обстановке, но воздействие этой среды на смолы с различной предысторией было разным.

Изложенное показывает, что состав и свойства ископаемых смол определялись не столько их ботанической принадлежностью, сколько геологической историей, что также наглядно демонстрируют данные изучения аминокислотного состава смол [2, с. 79–83, 162–167].

Интересно выяснить, какие сочетания условий приводят к образованию других видов смол, отличающихся как от сукцинита, так и от смол группы ретинитов. Это прежде всего румэнит (и его аналоги), являющийся единственной, кроме сукцинита, разновидностью смол северной части Евразии, имеющей достаточно высокий утилитарный потенциал. Сравнение геологических условий нахождения сукцинита и румэнита показывает, что первый встречается исключительно на территории Восточно-Европейской платформы, в то время как второй отмечается в зонах орогенеза, где такие факторы, как температура и давление, проявлялись в полной мере.

Это наблюдение, сделанное С. С. Савкевичем [10] на примере Украины, нашло подтверждение в исследованиях [2], позволивших установить наличие румэнита в соответствующих геологических условиях не только в Прикарпатье (Верхнее Синевидное), но и в Закавказье (Айтаг, Ани), Приморье (Липовцы), на Сахалине (Монерон, Найба, Стародубское) и в Японии (Кудзи, Чоши).

Изучение ископаемых смол, диагностированных нами как румэнит, показало преобладание трещиноватых прозрачных и реже дымчатых образцов, поверхность которых разбита на полигоны системой параллельных трещин, не приводящих, однако, к разрушению образца благодаря эффекту “залечивания”. Возникновение системы трещин, по нашему мнению, вызвано тектоническими напряжениями, которые передавались смоле через породу, поскольку отложения, вмещающие румэнит, часто смяты в складки. Если же тектонические напряжения были не очень сильны, а вмещающие породы более пластичны, то румэнит несет на себе только следы пластической деформации. Как мы выяснили, ископаемые смолы попадают из первичной залежи во вторичные скопления уже окончательно отвердевшими и поэтому должны растрескиваться во время переноса при ударах о твердые предметы. Но в таком случае трещины будут иметь случайную ориентировку и не будут нести следов “залечивания”. Во всех смолах присутствует стабильный полимерный каркас, содержащий фрагменты макромолекулы с большим числом степеней свободы, которые способны перемещаться внутри образца, не нарушая его целостности. Повышенная температура и давление способствуют подвижности мобильной части ископаемой смолы. Перемещение подвижных компонентов в микропустоты, существование которых подтверждается электронной микроскопией, доказывает процесс искусственного просветления смол при нагревании. Этим же объясняется преобладание прозрачных

и дымчатых разновидностей румэнита. При достаточно высокой температуре подвижные компоненты не только заполняли микроскопические пустоты, но и выступали по стенкам микротрещин, вызывая их частичное “залечивание”.

Напряжения, возникающие в полимерном каркасе смол как следствие миграции подвижных фрагментов макромолекулы и давления вмещающих пород, вызывали его перестройку. В смолах, которые испытали достаточное окисление на стадии диагенеза, эта перестройка выражалась в разрыве связей типа $-O-O-$ и раскрытии ряда двойных связей с образованием дополнительных сшивок в молекуле полимера. В ИК-спектрах румэнита отмечается лишь незначительное число двойных экзоциклических связей, а число связей $-C=CH_2$ намного ниже, чем у сукцинита. Сокращение доли таких связей в строении макромолекулы не может быть приписано процессам окисления, поскольку содержание кислорода в румэните почти всегда ниже, чем в сукцините. Следовательно, румэнит представляет собой продукт эволюции сукцинита, что подтверждается идентичностью кривых ДТА этих смол, заметно меньшей растворимостью румэнита в органических растворителях, свидетельствующей о наличии большего, чем у сукцинита, числа сшивок в макромолекуле и, наконец, меньшим по сравнению с сукцинитом содержанием янтарной кислоты в продуктах сухой перегонки румэнита [2].

Однако во всех перечисленных выше районах распространения румэнита нами были также диагностированы и весьма хрупкие разновидности смол, наличие которых, на первый взгляд, нарушает стройную концепцию генезиса румэнита. Наличие в нашем распоряжении большого числа аналитических данных в сочетании с изучением особенностей геологического строения и истории формирования смолоносных отложений Евразии позволяют утверждать, что совместное нахождение таких разных смол, как румэнит и, например, валховит или смолы

группы ретинита, не противоречит изложенным выше взглядам. При доказанном совместном нахождении в пределах одного проявления сукцинита и геданита, а также рассмотренной выше связи между сукцинитом и румэнитом, вполне естественно предположить, что хрупкие смолы типа геданита (равно как и другие хрупкие смолы), попав в описанные условия воздействия высоких давлений и температур, изменялись, но природа этих изменений была иной. Смолы, не прошедшие определенную стадию своего развития в аэробных условиях и, следовательно, не имеющие в строении полимерного каркаса достаточного количества кислородных связей, не подвергались такой структурной перестройке, которая при повышении температуры и давления приводила достаточно окисленные на втором этапе смолы к трансформации в румэнит. Это доказывает обнаруженное нами большое количество смол с румэниноподобным типом ИК-спектра в проявлениях Закавказья (Ани) и Сахалина (Стародубское), обладающих, тем не менее, всеми признаками хрупких смол группы ретинита – высокой хрупкостью, низкой температурой плавления, отсутствием янтарной кислоты и хорошей растворимостью в органических растворителях.

Таким образом, различия в текстуре, структуре, молекулярном строении и ряде физических свойств между вязкими и хрупкими смолами этих регионов зависят не только от различной интенсивности проявления таких агентов катагенеза, как температура и давление, но и обусловлены различиями в геохимической эволюции этих смол на стадии диагенеза. Проанализировав геологическую историю областей распространения румэнита, можно сделать закономерный вывод о том, что румэнит приурочен только к тем районам, которые испытывали в ходе своего геологического развития (в разное время) орогенез, сопровождавшийся ростом в породах температуры и давления.

Наконец, заметное влияние на текстуру, состав и молекулярное строение смол оказывают различные гипергенные факторы, в первую очередь кислород. Окисление происходит как при соприкосновении с кислородом воздуха, так и под воздействием воды, содержащей кислород и другие окислители. При гипергенном окислении ископаемых смол кислород присоединяется по месту сохранившихся экзоциклических двойных связей, а также по связям С–Н и С–С с образованием перекисей и гидроперекисей. Изменения смол, возникшие при их гипергенном окислении, диагностируются по данным определения микротвердости, числа хрупкости, ДТА и ИК-спектromетрии [2]. Гипергенное окисление сукцинита приводит к изменению не только его окраски, но и состава (возрастает содержание кислорода, убывает содержание углерода и водорода), строения (сокращается число и меняется соотношение периферических функциональных групп, строение пространственного каркаса макромолекулы эволюционирует за счет увеличения числа связей типа –О–О–) и, вследствие этого, свойств смолы (повышается микротвердость, удельный вес и показатель преломления, снижается число хрупкости, температура плавления, корректируются параметры люминесценции). Обращает на себя внимание и тот факт, что вследствие сходного сочетания геологических условий фоссилизации ископаемые смолы разобщенных районов земного шара обладают идентичным химическим строением и свойствами.

Описанное сочетание различных факторов, обуславливающее химическое строение ископаемых смол, позволяет объяснить непрерывность в изменении их структуры, состава и свойств. Отсюда же следует, как справедливо отмечал еще С. С. Савкевич [10], что многие выделенные ранее виды ископаемых смол в определенной части представляют собой крайние или промежуточные

члены переходных рядов, которые могут отождествляться с минеральными видами, обладающими различными для конкретных случаев пределами изменчивости.

Исторически так сложилось, что во многих местах находок ископаемых смол авторы, впервые описывавшие их, давали смолам свои названия. К концу XX века в литературе было известно более 120 названий ископаемых смол, большая часть которых была идентифицирована во второй половине XIX – начале XX вв. Представляется очевидным, что выделение местных терминов для янтареподобных смол мел-палеогенового возраста нецелесообразно, так как большая часть смол охарактеризована по единичным анализам. Часто они представляют собой не что иное, как подвергшиеся процессам диагенеза, катагенеза или гипергенеза виды смол, описанные в работе [2]. Подобное нагромождение никем не утвержденных терминов для ископаемых смол, основанное на мелких, часто несущественных отличиях, в первую очередь в элементном химическом составе, затрудняет их изучение и не дает никакого представления об утилитарном потенциале этих смол.

Первичные проявления смол имеют небольшое практическое значение. Они встречаются только в ископаемых почвах “янтарных” лесов, представляющих собой континентальные песчано-глинистые образования с растительными остатками, торфяники. Эти отложения в той или иной степени изменены и могут быть превращены в песчаники и аргиллиты с прослоями лигнитов и бурых углей. Первичное залегание смол в песчано-глинистых отложениях не всегда очевидно, и ряд проявлений отнесен к первичным условно [12, с. 161–163; 17, с. 93–94]. У первичных скоплений смол обычно неравномерное распределение и низкое содержание полезного компонента в виде мелких обломков, что характерно для хрупких смол, известных в лигнитах и бурых углях. Эти проявления

относятся в основном к классу биогенно-осадочных, отмечаются преимущественно в Средней Азии, Сибири и на Дальнем Востоке в угольных месторождениях, где смолы встречаются в линзах и пластах угля, залегающих среди песков и песчаников.

Вторичные проявления смол наблюдаются главным образом в Прибалтике, Беларуси, Украине, а также в Прикарпатье, Закавказье, Западной Сибири и на Сахалине. Эти проявления образуются в различных геологических условиях. Некоторые из них формируются вблизи коренных скоплений (делювиальные и пролювиальные россыпи). Гораздо чаще смолы переносились до погребения на некоторые расстояния или даже подвергались неоднократному переотложению (аллювиальные, морские, озерно-ледниковые россыпи) [12, с. 163–167; 17, с. 94–95]. Среди россыпных проявлений выделяют два геолого-промышленных типа – современные и древние (погребенные) россыпи.

Среди скоплений смол, относящихся к типу современных, некоторое практическое значение имеют два подтипа – аллювиальные россыпи и россыпи морских пляжей. Промышленное значение их не очень велико. Аллювиальные россыпи в связи с низкой плотностью ископаемых смол редко образуют значительные скопления. Они могут формироваться 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 поймах, покрытых мелкой кустарниковой растительностью, заливаемой при разливе рек, во время которого приносимые водой смолы задерживаются ветками кустарника. В аллювии современных рек смолы, вымываемые из коренных или переотложенных месторождений, известны во многих районах. На Украине, например,

они встречаются в современном аллювии по берегам р. Днепр, вблизи Берислава и Каховки (Херсонская область), в районе Кременчуга (Полтавская область), а также руслах других рек (Хорол, Самара) [12, с. 104].

Россыпи морских пляжей образуются при размыве (во время штормов) залежей ископаемых смол, расположенных ниже уровня моря, или при размыве реками во время половодья как первичных, так и вторичных проявлений, расположенных в их бассейне, с последующим переносом продуктов размыва на морское побережье. Смолы, попадая в среду действия морских волн, приливов и отливов, разносятся течениями вдоль берега и частично выбрасываются на него, образуя пляжевые россыпи, которые широко распространены по берегам Средиземного (о. Сицилия), Черного (дельта р. Дунай), Балтийского (Дания, Германия, Польша, Россия, Литва, Латвия), Охотского и Японского (Камчатка, Сахалин) морей. Скопления смол в пляжевых россыпях иногда могут достигать значительных размеров.

Среди проявлений, относящихся к типу древних (погребенных) россыпей, выделяют два подтипа – морской лагунно-дельтовый и озерно-ледниковый. Наибольшее значение имеют древние морские лагунно-дельтовые россыпи, содержащие крупные запасы смол (Прибалтика, Украина). Озерно-ледниковые россыпи известны в основном в Германии и Польше. В четвертичный период ледники при своем движении на юг выпаживали смолосодержащие породы и переносили их в дистальном направлении. В дальнейшем ледниковыми водами смолы сносились в озера, где возникали иногда довольно значительные скопления. Последующие ледники сминали ранее образовавшиеся озерно-ледниковые россыпи и моренные отложения в складки, иногда с образованием чешуйчатых надвигов. Скопления имеют небольшое промышленное значение.

Нужно признать, что проявления ископаемых смол многих регионов Евразии изучены еще недостаточно, но уже имеющиеся в нашем распоряжении данные позволяют вычлениить наиболее важные особенности условий их накопления. Вследствие низкой плотности ($1,0-1,1 \text{ г/см}^3$), высокой хрупкости и небольшой твердости для концентрации ископаемых смол в россыпях требуются совершенно особые условия, которые наблюдаются в природе в исключительных случаях, чем и объясняется редкость образования скоплений с промышленным содержанием смол. Учитывая это и используя в качестве основы для своих построений данные, представленные в работе [2], равно как и почерпнутые в литературных источниках, мы сравнили особенности палеогеографии различных эпох смолонакпления в пределах всех исследованных нами регионов.

Анализируя полученную информацию, можно сделать очень важный вывод: крупные проявления практически всегда и везде формировались либо в пределах низменной прибрежной равнины, временами заливавшейся морем, либо в мелководной шельфовой части прилегающего к суше морского бассейна – принципиальный момент, на который следует обратить внимание при изучении скоплений ископаемых смол.

Наиболее перспективными с точки зрения их промышленного освоения являются Центральная и Восточная Европа, а также Закавказье, Сахалин и, возможно, Западная Сибирь. Они характеризуются широким распространением россыпей, содержащих вязкие смолы – сукцинит и румэнит. Эти регионы наиболее полно изучены и обладают проявлениями, которые могут стать новыми поставщиками ювелирных разновидностей смол на мировой рынок.

Основные различия между россыпями названных регионов, с одной стороны, и скоплениями смол Средней Азии, Хатангской и Усть-Енисейской впадин, Даль-

него Востока – с другой, на наш взгляд, заключаются в следующем. В первом случае накопление ископаемых смол в морских глауконитовых отложениях способствовало изменению их свойств в сторону приобретения признаков, позволяющих рассматривать эти смолы как ювелирное сырье. Под влиянием описанных выше процессов такие смолы стали менее хрупкими, более твердыми и обогатились янтарной кислотой. В регионах, испытавших впоследствии складкообразование, часть смол была изменена в направлении приобретения ими еще большей твердости, пластичности и термической устойчивости.

Во втором случае янтарепоподобные смолы связаны с россыпями, не содержащими глауконит, и это говорит о том, что они не подвергались процессам трансформации, которые имели место, например, в Прибалтике. В таких смолах сохранились многие “первичные” черты – большая хрупкость, меньшая твердость, отсутствие янтарной кислоты, иной состав, которые могут дать больше информации для познания их ботанической принадлежности, но, к сожалению, резко снижают утилитарный потенциал смол. Однако именно проявления Хатангской впадины представляют собой поистине уникальную группу россыпей ближнего сноса, изучение которых вплотную приближает нас к установлению систематического положения материнской растительности и возраста отдельных проявлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. И. Этапы развития флоры и растительности СССР в третичном периоде/В. И. Баранов. – М., 1959. – 135 с.
2. Богдасаров М. А. Янтарь и другие ископаемые смолы Евразии/М. А. Богдасаров. – Брест: БрГУ, 2010. – 263 с.
3. Иванов Л. А. Биологические основы добытия терпентина в СССР/Л. А. Иванов. – М., Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 234 с.
4. Каптаренко-Черноусова О. К. Киевский ярус и элементы его палеогеографии/О. К. Каптаренко-Черноусова. – Киев: АН УССР, 1951. – 98 с.

5. Катинас В. И. Янтарь и янтареносные отложения Южной Прибалтики/В. И. Катинас//Сб. науч. тр. ЛитНИГРИ. – Вильнюс, 1971. – Вып. 20: Янтарь и янтареносные отложения Южной Прибалтики. – 150 с.

6. Киевленко Е. Я. Геология месторождений поделочных камней/Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевич. – М.: Недра, 1976. – 280 с.

7. Майданович И. А. Геология и генезис янтареносных отложений Украинского Полесья/И. А. Майданович, Д. Е. Макаренко. – Киев: Наукова думка, 1988. – 84 с.

8. Пентегова В. А. Терпеноиды хвойных растений/В. А. Пентегова и др. – Новосибирск: Наука, 1987. – 97 с.

9. Савкевич С. С. Янтарь/С. С. Савкевич. – Л.: Недра, 1970. – 190 с.

10. Савкевич С. С. Новое в минералогическом изучении янтаря и некоторых других ископаемых смол/С. С. Савкевич//Самоцветы: материалы XI съезда Междунар. минерал. ассоц., Новосибирск, 4–10 сент. 1978 г./Междунар. минерал. ассоц., Всесоюз. минерал. о-во; редкол.: В. В. Буканов [и др.]. – Л., 1980. – С. 17–28.

11. Симицын В. М. Древние климаты Евразии. Палеоген и неоген./В. М. Симицын. – Л., 1965. – 345 с.

12. Трофимов В. С. Янтарь/В. С. Трофимов. – М.: Недра, 1974. – 183 с.

13. Bachofen-Echt A. Der Bernstein und seine Einschlüsse/A. Bachofen-Echt//Verhandl. d. Zool.-Bot. Ges. – 1949. – Bd. 80. – 123 p.

14. Conwentz H. Monographie der baltischen Bernsteinbäume/H. Conwentz. – Danzig, 1890. – 151 p.

15. Goepfert H. K. Die Flora des Bernsteins/H. K. Goepfert, A. Menge. – Danzig, 1883. – 128 p.

16. Larsson S. G. Baltic Amber – A Palaeobotanical Study, Entomograph. No. 1/S. G. Larsson. – Klampenborg: Scandinavian Science Press, 1978. – 123 p.

17. Poinar G. O. Life in amber/G. O. Poinar. – Stanford: Stanford University Press, 1992. – 350 p.

REFERENCES

1. Baranov V. I. Stages of flora and vegetation development in the USSR in the Tertiary period. – Moskva, 1959. – 135 p. (In Russian).

2. *Bogdasarov M. A.* Amber and other fossil resins of Eurasia. – Brest: BrGU, 2010. – 263 p. (In Russian).

3. *Ivanov L. A.* Biological basis for the extraction of terpentine in the USSR. – Moskva; Leningrad: Goslesbumizdat, 1961. – 234 p. (In Russian).

4. *Kaptarenko-Chernousova O. K.* The Kiev stage and elements of its paleogeography. – Kiev: AN USSR, 1951. – 98 p. (In Russian).

5. *Katinas V. I.* Amber and amber deposits of the Southern Baltic region/V. I. Katinas//Sb. nauch. tr. LitNIGRI. – Vilnyus, 1971. – Iss. 20: Jantar i yantarenosnye otlozheniya Juzhnoj Pribaltiki. – 150 p. (In Russian).

6. *Kievlenko E. Ja., Senkevich N. N.* Geology of ornamental stones deposits. – Moskva: Nedra, 1976. – 280 p. (In Russian).

7. *Majdanovich I. A., Makarenko D. E.* Geology and genesis of amber deposits of Ukrainian Polesye. – Kiev: Naukova dumka, 1988. – 84 p. (In Russian).

8. *Pentegova V. A., Semjonov A. A.* Terpenoids of conifers. – Novosibirsk: Nauka, 1987. – 97 p. (In Russian).

9. *Savkevich S. S.* Amber. – Leningrad: Nedra, 1970. – 190 p. (In Russian).

10. *Savkevich S. S.* New in mineralogical study of amber and some other fossil resins//

Samocvety: materialy XI sezda Mezhdunar. mineral. assoc., Novosibirsk, 4–10 sent. 1978 g./ Mezhdunar. mineral. assoc., Vsesoyuz. mineral. o-vo; redkol.: V. V. Bukanov i dr. – Leningrad, 1980. – P. 17–28. (In Russian).

11. *Sinicyn V. M.* Ancient climates of Eurasia. Paleogene and Neogene. – Leningrad, 1965. – 345 p. (In Russian).

12. *Trofimov B. C.* Amber. – Moskva: Nedra, 1974. – 183 p. (In Russian).

13. *Bachofen-Echt A.* Der Bernstein und seine Einschlüsse/A. Bachofen-Echt//Verhandl. d. Zool.-Bot. Ges. – 1949. – Bd. 80. – 123 p.

14. *Conwentz H.* Monographie der baltischen Bernsteinbäume/H. Conwentz. – Danzig, 1890. – 151 p.

15. *Goepfert H. K.* Dir Flora des Bernsteins/H. K. Goepfert, A. Menge. – Danzig, 1883. – 128 p.

16. *Larsson S. G.* Baltic Amber – A Palaeobotanical Study, Entomograph. No. 1/ S. G. Larsson. – Klampenborg: Scandinavian Science Press, 1978. – 123 p.

17. *Poinar G. O.* Life in amber/G. O. Poinar. – Stanford: Stanford University Press, 1992. – 350 p.

Рукопис отримано 2.06.2017.

М. А. Богдасаров, Брестський державний університет імені О. С. Пушкіна, bahdasarau@gmail.com, ORCID-0000-0002-2039-679X,

Г. І. Рудько, Державна комісія України по запасах корисних копалин, office@dkz.gov.ua, ORCID-0000-0001-7752-4310

ГЕОЛОГО-ЕВОЛЮЦІЙНА КОНЦЕПЦІЯ СМОЛОГЕНЕЗУ

Викопні смоли – особлива група природних органічних сполук. Роботу присвячено встановленню особливостей формування, поширення, властивостей, складу різних видів викопних смол. У статті розглянуто еволюцію поглядів на походження викопних смол, наведено відомості про джерела смоленосної рослинності, піднято проблему сукцинозу й висвітлено роль хімічного впливу мінерального середовища, що вміщує смоли, на процес їхнього утворення, обґрунтовано перспективи виявлення нових покладів смол в північній частині Європи.

Ключові слова: викопні смоли, смологенез, фітогеографічні зони, сукциноз, фосилізація, діагенез, сукцинит, руменит, геданит, ретинит, розсини.

M. A. Bogdasarov, Faculty of Geography BrSU named after A. S. Pushkin,
bahdasarau@gmail.com, ORCID-0000-0002-2039-679X,

G. I. Rudko, State Commission of Ukraine on Mineral Resources, office@dkz.gov.ua,
ORCID-0000-0001-7752-4310

GEOLOGICAL AND EVOLUTIONARY CONCEPT OF THE GENESIS OF FOSSIL RESINS

Fossil resins are a special group of natural organic compounds. The paper is devoted to determination of special features of formation, distribution, properties, composition of different types of fossil resins. The article deals with evolution of concepts of the origin of fossil resins, contains data on the sources of resiniferous vegetation, discusses a problem of succinosis and a role of chemical effect of resin-containing mineral environment on the process of resin formation, substantiates prospects for revealing of new resin deposits of Northern Eurasia.

Keywords: fossil resins, resin genesis, phytogeographical areas, succinosis, fossilization, diagenesis, succinite, rumänite, gedanite, retinite, placers.