

УДК 549.464.5:551.769(100)

О ТАХГИДРИТОВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ МЕЛОВЫХ КАЛИЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ

Э. А. Высоцкий

Новые данные, полученные за последние 20—25 лет, внесли коренные изменения во многие представления, казавшиеся ранее незыблемыми. Ценный материал появился также и по геологии осадочных бассейнов, в том числе соленосных. Особый интерес, с нашей точки зрения, заслуживает обнаружение мощных залежей тахгидрита в калиеносных формациях (сериях) мелового возраста.

Тахгидрит ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) — редкий и чрезвычайно гигроскопичный минерал, который до открытия крупных его скоплений в меловых калиеносных формациях был известен лишь в эвапоритовых отложениях цехштейна Среднеевропейского бассейна, где встречался в разрезе горизонта Стассфурт в виде маломощных невыдержаных прослойков в карналлитовой породе и заполнения трещин в глинах. Минералогические проявления тахгидрита в отложениях цехштейна, по мнению немецких исследователей (О. Брайтш и др.), не являются первично-седиментационными.

В настоящее время мощные залежи тахгидрита выявлены практически во всех калиеносных бассейнах мелового возраста: в Южной Америке (Сержиши — Алагоас), Африке (Западно-Африканский) и Азии (Корат и Саконннакон). Это дает основание считать в целом меловой период крайне благоприятным для накопления крупных объемов тахгидрита. Тахгидритовая специализация указанных бассейнов является уникальной и не имеет аналогов в домеловой и постмеловой истории развития Земли. В этой связи интересно выяснить специфику строения и состава эвапоритовых формаций с залежами тахгидрита, уточнить их парагенетические ассоциации, палеогеографические и палеотектонические условия формирования.

В бассейне Сержиши — Алагоас залежи тахгидрита связаны с аптской эвапоритовой серией Ибура формации Мурибека, трансгрессивно залегающей на терригенных образованиях нижнего мела, а местами на докембрийском кристаллическом фундаменте [13]. Мощность соленосных отложений варьирует от нескольких десятков метров до 800 м и более в зоне развития диапировых структур прибрежного района Восточно-Бразильского побережья [9].

Особенностью строения эвапоритового разреза является отсутствие в его основании сульфатных пород (ангидрит, гипс), обычно широко представленных в соленосных формациях других геологических систем. Пласти ангидрита мощностью до нескольких метров распространены в верхней части эвапоритовых отложений и в свою очередь перекрываются морскими карбонатными образованиями. Соленосный разрез представлен чередованием в основном пластов каменной соли и карналлита. Прослеживается до четырех-пяти карналлитовых пластов мощностью до 70 м. Характерно широкое развитие тахгидрита, который формирует в соленосном разрезе две залежи, приуроченные к средней и верхней частям серии Ибура (рисунок). Мощность их колеблется от нескольких десятков метров до 100 м и более. Наблюдаются четкая приуроченность в плане зон максимальных мощностей

тахгидритовых залежей к областям повышенных мощностей соленосных отложений.

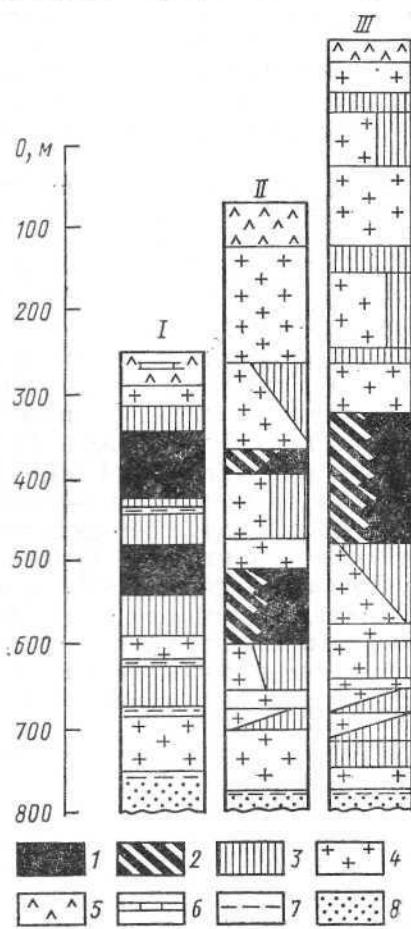
В большинстве случаев тахгидритовые пластины имеют мономинеральный состав. Иногда наблюдаются слои карналлитовой породы и каменной соли. Кристаллы тахгидрита прозрачные, бесцветные или полупрозрачные с желтоватым оттенком. Они более крупные, чем зерна карналлита. Тахгидритовые залежи подстилаются карналлитовыми пластами и перекрываются, как правило, также карналлитовой породой (нередко сменяющей вверх по разрезу сильвинитами), реже каменной солью. Таким образом, отмечается пространственная и парагенетическая связь тахгидрита с карналлитовыми породами.

В Западно-Африканском бассейне залежи тахгидрита обнаружены в серии Эзанга аптского возраста [4, 11]. Эвапоритовые отложения распространены на огромной территории, вытянутой в субмеридиональном направлении на 1600—1700 км вдоль Атлантического побережья Африки, охватывая частично зону шельфа. Наиболее детально они изучены в Конголезской и Габонской впадинах. Эвапориты залегают на терригенных отложениях аптского возраста (песчаниках Гамбба в Габоне или Шела в Конго), представляющих базальный член трансгрессивной серии. Мощность соленосных отложений от 100—250 до 1000 м,

Строение меловых эвапоритовых тахгидритосных формаций (серий): 1 — тахгидрит; 2 — биофит; 3 — карналлитовая порода и сильвинит; 4 — каменная соль; 5 — ангидрит; 6 — карбонаты; 7 — глины и аргиллиты; 8 — песчаники, алевролиты и конгломераты. I — бассейн Сержипи — Алагоас, по [13]; II — Габонская впадина, по [11]; III — Конголезская впадина, по [11]

а в сводах соляных куполов достигает 2000 м. В береговой зоне Габона и Конго соленосный разрез завершается пластом ангидрита, который перекрывается морскими карбонатными или глинисто-карбонатными образованиями серии Мадиела [12].

Серия Эзанга представлена в основном каменной солью, содержащей пластины и линзы хлоридных калийных, калийно-магниевых и магниевых солей. Разрез ее характеризуется высокой соленасыщенностью (до 95—98%). Глинистые породы играют резко подчиненную роль, а карбонаты и сульфаты практически отсутствуют. Широко распространен карналлит, на долю которого в разрезе приходится до 15—20%. Мощность карналлитовых пластов варьирует от нескольких до 25 м и более. Сильвиниты имеют ограниченное развитие. В Конго и Габоне



в средней части соленосного разреза выявлены линзообразные залежи тахгидритовой и бишофитовой породы (рисунок), мощность которых достигает 150 м. В линзах нередко наблюдается переслаивание тахгидритовых и бишофитовых слоев мощностью 1—6 м с карналлитовой породой [11]. Тахгидрит бесцветный, желтоватый, воскового и кремового цвета. Характерна парагенетическая ассоциация тахгидриита с бишофитом и карналлитом. В основании тахгидритовых и бишофит-тахгидритовых залежей располагаются карналлитовые пласти, а перекрываются они, как правило, каменной солью или пластами галит-карналлитового состава.

В конце 1970-х годов значительные скопления тахгидрита выявлены в эвапоритовых отложениях позднемелового возраста (формация Махасаракхам), развитых в пределах плато Корат [7, 8, 10]. Здесь известны два бассейна (Саконнакон и Корат), приуроченные к впадинам, отчетливо выраженным в структуре осадочных комплексов по рельефу мезозойских образований и разделенным поднятием Фу-Фан. Первый расположен на территории Лаоса и Таиланда, второй — в пределах Южного Таиланда. Эвапоритовые отложения залегают на красноцветах формации Хок-Круат, представленной песчаниками и алевролитами.

Формация Махасаракхам имеет мощность до 1000 м. В ее разрезе выделяются три соляные пачки (нижняя, средняя и верхняя). Нижняя пачка — самая мощная (до 450 м) и характеризуется высокой соленасыщенностью (около 95%). В ее основании залегает базальный пласт ангидрита (1—4 м), развитый практически повсеместно, а в верхней трети разреза — калиеносный горизонт. Мощность его от 1 до 94,8 м. Породообразующими калийными минералами являются сильвин и карналлит, причем последний доминирует. В ассоциации с карналлитом часто наблюдается тахгидрит. Он нередко присутствует в виде сросшихся кристаллов с карналлитом или образует мономинеральные прослои, слои, реже пласти мощностью до 16 м. Минерал имеет ярко-желтую окраску. В разрезе калиеносного горизонта на долю тахгидрита приходится до 30%. Отложения тахгидрита в большинстве случаев перекрываются карналлитовой породой, иногда содержащей в верхней части прослои и маломощные линзы сильвина.

Приведенные данные о строении и составе тахгидритоносных эвапоритовых формаций позволяют сделать некоторые обобщения: 1) мощные залежи тахгидрита связаны с хлоридными соленосными формациями морского генезиса; 2) скопления тахгидрита в больших объемах наблюдаются как в трансгрессивных (Серии Ибура и Эзанга), так и регressiveных (формация Махасаракхам) соленосных комплексах; 3) соленосные формации, вмещающие залежи тахгидрита, обладают исключительно высокой соленасыщенностью; 4) характерна высокая карналлитонасыщенность разреза, причем в формациях трансгрессивного типа пласти карналлита распространены не только в верхней, но также в средней и нижней частях; 5) наблюдается пространственная и парагенетическая связь тахгидрита с залежами карналлитового и сильвин-карналлитового состава; в ассоциации с тахгидритом иногда развит бишофит; 6) в подошве тахгидритовых залежей всегда располагаются карналлитовые пласти, а в кровле — породы карналлитового, сильвин-карналлитового состава или пласти каменной соли; 7) залежи тахгидрита локализуются в пределах ареалов развития подстилающих карналлитовых пластов и занимают лишь часть их площади.

Особый интерес представляет выяснение седиментационных обстановок накопления тахгидрита. В меловой период образование его происходило в бассейнах двух типов. Первые (Западно-Африканский и Сержиши — Алагоас) представляли собой рифтовые грабены, возникшие в результате раскола и раздвижения Гондваны. В аптский век в эту крупную рифтовую зону субмеридионального простирания (Южно-Атлантическую впадину) вторглись морские воды. Резкое изменение условий осадконакопления, интенсивное прогибание рифтовых впадин, высокая степень их изолированности, а также усилившаяся аридизация климата благоприятствовали развитию галогенеза. Имеется много фактов, свидетельствующих о том, что существовал единый солеродный бассейн [5, 9, 12, 14]. Во-первых, следует отметить, идентичность характера осадконакопления в доаптское время в рифтовых впадинах, находящихся в современную эпоху на разных концах Атлантического побережья Африки и Южной Америки. Во-вторых, соленосные серии (Эзанга и Ибура) обладают однотипным строением, практически сходным составом калийно-магниевых и магниевых залежей, а также близкими содержаниями микрокомпонентов (Br, Rb, Sr, B, F, Ba, Cu, Mn, Zn и др.) в эквивалентных типах соляных пород.

Бассейны второго типа (Корат, Саконнакон) являлись эпиконтинентальными водоемами. В структурном отношении они представляли собой пологие впадины в пределах Индосинийского срединного массива. Водно-солевое питание обеспечивалось за счет морских вод, поступающих с запада через узкий и длинный пролив из моря Тетис [7].

В бассейнах обоих типов тахгидрит мог кристаллизоваться только из метаморфизованных рассолов, лишенных сульфат-иона и аномально обогащенных кальцием. В настоящее время теория метаморфизации морских вод, объясняющая возникновение хлоридных рассолов, достаточно обоснована [1—3]. Согласно этой теории, метаморфизация осуществляется преимущественно за счет глинистого шлама и бикарбоната кальция, привносимых водами с континента. В Габонскую и Конголезскую впадины, а также в бассейн Сержиши — Алагоас поступали метаморфизованные и в достаточной степени сгущенные растворы. Об этом свидетельствуют отсутствие базальных карбонатов и сульфатов (ангидрит, гипс), ограниченное распространение глинистых пород, развитие многочисленных пластов калийно-магниевых солей, в том числе в нижней части соленосных отложений. Однако наличие сульфатных пород в основании соленосного разреза в отдельных впадинах на юге (Эспириту-Санту, Кванза) позволяет предполагать существование промежуточного бассейна в южной части Южно-Атлантическогоprotoокеанического залива, где происходило осаждение сульфата кальция.

Формирование эвaporитовых отложений в бассейнах Саконнакон и Корат началось с кратковременного осаждения сульфата кальция практически на всей их площади. Отсутствие подстилающих карбонатных пород и незначительная мощность базальных ангидритов указывают на избыток галита по отношению к гипсу или ангидриту. Повидимому, карбонаты и основные объемы сульфата кальция были осаждены из морской воды по пути продвижения ее в район плато Корат. Дальнейшее концентрирование растворов в условиях аридного климата обусловило прогрессирующее развитие галогенеза и накопление больших объемов каменной, калийно-магниевых и кальциево-магниевых солей. Наблюдаемое в соленосном разрезе медленное, но постоянное увеличение содержания брома от основания нижней соля-

ной пачки к калиеносному горизонту свидетельствует о закономерном возрастании концентрации рассолов.

Необходимым условием образования тахгидрита является чрезвычайно высокая обогащенность хлоридных растворов кальцием, который в процессе метаморфизации морской воды осаждается на первых стадиях ее сгущения. Н. Вардлау [13], рассматривая специфику формирования залежей тахгидрита в Бразилии, допускает возможность поступления кальция за счет освобождения его в процессе доломитизации, обмена катионами между рапой и глинистым шламом, привнося с подземными, поверхностными или ювелирными водами. Первые два фактора, по-видимому, не играли сколько-нибудь значительной роли, так как в бассейне Сержипи — Алагоас нет карбонатных пород ни в подсолевом, ни в соленосном разрезе, незначительна также роль глин в составе соленосных отложений. Аналогичная картина наблюдается в Западно-Африканском бассейне (Конголезская и Габонская впадины). Поэтому наиболее вероятным является поступление хлоридно-кальциевых растворов из подсолевых комплексов по разломам, которые активно развивались до и во время соленакопления в связи с рифтогенезом и движением Южной Америки и Африки. В такой обстановке создавались благоприятные условия для разгрузки ювелирных вод. В пользу этого может свидетельствовать относительная обогащенность отложений тахгидрита F, Mn, Cu, Zn, Pb и другими элементами.

Повышенный тепловой поток, характерный в целом для Южно-Атлантической рифтовой зоны, положение ее в южном тропическом поясе [6] обеспечивали соответствующие термические условия образования тахгидрита, который может кристаллизоваться при температуре не менее 22° С [2, 13].

Бассейны второго типа (Саконнакон и Корат) располагались в северной тропической зоне. В процессе развития галогенеза здесь также создавалась благоприятная термическая обстановка для выделения тахгидрита в осадок. Обогащение кальцием хлоридных рассолов на поздних стадиях их концентрирования, по-видимому, обеспечивалось в основном за счет разгрузки хлоридно-кальциевых рассолов из подсолевого комплекса по разломам и ослабленным зонам. Однако объемы поступления кальция были значительно меньше, чем во впадинах Южно-Атлантической рифтовой зоны. Это в значительной степени сказалось на масштабах накопления тахгидрита и в целом обусловило формирование относительно маломощных залежей.

Тахгидрит кристаллизовался из высококонцентрированных рассолов, которые скапливались в наиболее интенсивно погружающихся участках (палеодепрессиях) в пределах ареала распространения карналлитовых пород. Палеодепрессии развивались в основном конседиментационно, т. е. одновременно с соленакоплением, что подтверждается приуроченностью залежей хлоридных кальциево-магниевых солей к зонам повышенных первично-седиментационных мощностей соленосных отложений. Однако к началу тахгидритонакопления отрицательные палеоструктуры, по всей вероятности, не были полностью компенсированы и представляли собой остаточные водоемы, в которых с обсыхавших площадей солеродных бассейнов дренировались маточные рассолы, игравшие существенную роль в их водно-солевом питании.

Во время образования тахгидритовых залежей в большинстве случаев существовал слой рапы значительной мощности и наблюдались периодические изменения ее концентрации, подтверждением чего слу-

жит развитие среди хлоридных кальциево-магниевых солей слоев карналита, каменной соли и ограниченное распространение бишофита. В связи с этим отметим, что в субаэральных условиях тахгидрит быстро переходит в бишофит [13]. Такие условия, по-видимому, иногда возникали в Габонской и Конголезской впадинах, где в составе залежей хлоридных калийно-магниевых и кальциево-магниевых солей распространен бишофит. Поверхностный слой высококонцентрированной рапы играл роль экрана, предохранявшего от воздействия атмосферы отложения тахгидрита.

Меловой период являлся крайне благоприятным для формирования мощных залежей хлоридных кальциево-магниевых солей, которые выявлены практически во всех калиеносных формациях этого возраста. Пространственно и парагенетически отложения тахгидрита связаны с горизонтами калийно-магниевых солей и всегда располагаются в пределах ареалов распространения подстилающих карналлитовых пород. В разрезе они перекрываются карналлитовыми, сильвин-карналлитовыми или галитовыми пластами.

Образование мощных отложений тахгидрита происходило в эвапоритовых бассейнах, которые в структурном отношении представляли рифтовые грабены и пологие впадины типа синеклиз. В первых формировались трансгрессивные тахгидриты содержащие соленоносные серии, во вторых — регressive. Бассейны первого типа располагались в южном, второго — в северном тропическом поясе. Кристаллизация тахгидрита осуществлялась из высококонцентрированных аномально обогащенных кальцием хлоридных рассолов, которые скапливались в пределах топографических впадин рельефа дна эвапоритовых бассейнов, создаваемых в основном за счет конседиментационных движений или в результате неполной компенсации осадконакоплением существующих палеодепрессий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валяшко М. Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М., 1962. 398 с.
2. Валяшко М. Г. Геохимические условия формирования отложений тахгидрита // Пробл. литол. и геохимии осадочных пород и руд. М., 1975. С. 297—311.
3. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. М., 1962. Т. 3. 550 с.
4. Belmonte Y., Hirtz P., Wenger R. The basins of the Gabon and the Congo//Salt basins around Africa. London, 1965. Р. 55—74.
5. Bussón G. Génèse des évaporites: les enseignements des milieux épicontinentaux apparaissent—ils transposables aux évaporites de marge océanique?//Bull. Soc. géol Fr. 1978. Vol. 20, N 4. Р. 533—545.
6. Dietz R. S., Holden I. C. The break-up of Pangea//Continents drift, readings from scientific american. San-Francisko, 1972. Р. 47—58.
7. Hite R. J., Japakasetr T. Potash deposits of the Khorat Plateau, Thailand and Laos//Econom. Geol. 1979. Vol. 74. Р. 448—458.
8. Japakasetr T. Potash deposits of Northern Thailand//Fertilizer mineral potential in Asia and Pasific. Honolulu, 1980. Р. 399—409.
9. Leyden R. Salt distribution and crustal models for the oil Eastern Brazilian margin//An. Acad. Brasil. Ciênc. 1976. Vol. 48. Р. 159—168.
10. Potash deposits of Thailand have very thick beds of carnallite//World Min. 1978. Vol. 31, N 11. Р. 51—53.
11. Ruiter P. A. C., de. The Gabon and Congo basins salt deposits//Econom. Geol. 1979. Vol. 74, N 2. Р. 419—431.
12. Vidal J., Joyes R., Veen J., van. L'exploration pétrolière au Gabon et au Congo//9th World Petrol. Congr. Proc. 1975, N 3. Р. 149—165.
13. Wardlaw N. C. Unusual marine evaporites with salts of calcium and magnesium chloride in Cretaceous basins of Sergipe, Brazil//Econ. geol. 1972. Vol. 67, N 2. Р. 156—168.
14. Wardlaw N. C., Nicholls G. D. Cretaceous evaporites of Brazil and West Africa and their bearing on the theory of continental separation//Proceedings of the 24th Intern. Geol. Congr. Sec. 6. 1972. Р. 43—55.

БелНИГРИ,
Минск

Поступила в редакцию
25.04.86

ON TACHYHYDRITE SPECIALIZATION OF CRETACEOUS POTASH-BEARING FORMATIONS

E. A. Vysotsky

The occurrence of thick tachyhydrite spatially and paragenetically associated with carnallite deposits is a specific feature of Cretaceous potash-bearing formations. Tachyhydrite was formed within residual reservoirs from highly concentrated chloride brines anomalously enriched at the final stages of halogenesis.

НОВЫЕ КНИГИ В БИБЛИОТЕКЕ МОИП

Haven H. L. ten. Organic and inorganic geochemical aspects of Mediterranean Late Quaternary sapropels and Messinian evaporitic deposits // Geologica Ultraiectina. 1986. N 46. 203 p.

Детально изучено органическое вещество четвертичных сапропелей восточной части Средиземного моря. Показано, что оно имеет смешанное морское, терригенное и бактериальное происхождение. В сапропеле S_1 количество органического вещества наземного генезиса увеличивается по направлению от берега и с углублением бассейна. Обсуждено образование рассолов в глубоких впадинах Восточного Средиземноморья.

Fine S. The diagenesis of the Lower Triassic Bunter Sandstone Formation onshore Denmark // Denmarks geologiske Undersøgelse. Ser. A. 1986. N 15. 51 p.

Описаны вскрытые скважинами на окраине Северо-Германского бассейна (на глубинах 1150—1900 м) отложения пестрого песчаника, которые представляют собой континентальную толщу, формировавшуюся в аридных и semiаридных условиях. Изучены диагенетические особенности, свойственные красноцветам. Зафиксированы следы влияния на диагенез захороненных рассолов с высокой концентрацией натрия.