

**ЭНЕРГЕТИКА АЛЬПИЙСКОГО ТЕКТОГЕНЕЗА
В КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНО-ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ**

© Сергин С.Я.

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
Филиал в г. Туапсе*

Важная особенность Крымско-Кавказской геосинклинали, пока не имеющая объяснения, – существование тектонически пассивного Керченско-Таманского прогиба. В данной работе рассматривается зависимость тектоно-магматического процесса геосинклиально-орогенных систем от запаса геохимической энергии осадочных отложений и возможностей её реализации. Оказывается, в альпийскую эпоху осадочная толща Керченско-Таманской области не обладала должным потенциалом для саморазогрева и тектогенеза.

Ключевые слова: *геотектоника, геосинклиально-орогенные системы, тектоно-магматические процессы, Крымско-Кавказская геосинклиаль, Керченско-Таманский прогиб.*

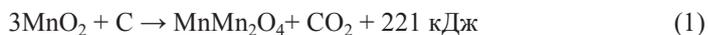
Введение. Тектоническая эволюция континентальной земной коры, согласно геологическим знаниям, связана с зарождением и развитием геосинклиально-орогенных структур [2, 5]. В областях их распространения протекают процессы интенсивного осадконакопления, регионального метаморфизма, гранитоидного магматизма, складчатых и разломных дислокаций, формирования горных хребтов. Взаимосвязь этих тектоно-магматических событий не вызывает сомнений. Однако причины (энергетика и механизмы) их возникновения пока не выявлены.

В попытках теоретического объяснения их генезиса современная геотектоника ориентируется на источники тепла и флюидов, предположительно имеющиеся в глубинах мантии и земного ядра. При этом остались в стороне представления В.И. Вернадского и его последователей о собственных геохимических факторах нагрева геосинклиальных отложений и сопутствующего тектогенеза. Принципиальное значение имеют физико-химические обоснования аккумуляции солнечной энергии в осадочных отложениях и последующем её выделении (в виде теплоты) в земной коре [1, 4, 6, 12]. В наших работах [9, 11] проведена интегральная оценка термического эффекта геохимических факторов. В данной статье коснёмся базисных положений этого исследования и попытаемся объяснить некоторые особенности альпийского тектогенеза в Крымско-Кавказской геосинклиально-орогенной области.

Геохимические источники энергии геосинклиально-орогенных областей. Геосинклиальные отложения обладают тремя источниками энергии, возникающими с участием солнечной радиации:

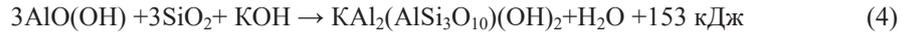
- дисперсное органическое вещество осадочных пород;
- гипергенные (преимущественно глинные) минералы;
- радиоактивные элементы (уран, торий, калий).

Дисперсное (рассеянное) органическое вещество более всего содержится в аргиллитах и глинистых сланцах. При температурах около 400 °С оно вступает в окислительно-восстановительные реакции с кислородсодержащими минералами тех же пород. Реакции протекают с выделением тепла, которое вызывает дополнительный нагрев отложений. В качестве примера можно представить реакции превращения пирролюзита в гаусманит (1), пирролюзита и кварца – в родонит (2). Термические эффекты определяем по известным значениям энтальпии образования минералов (в данном случае из [3]):





Гипергенные минералы осадочных пород претерпевают, на значительных глубинах, реакции разложения, замещения и синтеза. Возникают гипогенные минералы, характерные для кристаллических сланцев и гранитоидов. Важное значение имеет, в частности, превращение каолинита, кварца и калиевой щёлочи в микроклин (3) и мусковит (4). Оно протекает с выделением тепла и флюида (воды):



Радиоактивные элементы аккумулируются в осадочных породах с участием экзогенных геологических процессов, в том числе биогеохимических. По С.Г. Неручеву [7], для урана типичны следующие концентрации (в %): эвапориты (абиогенные породы) – около 10^{-4} ; известняки – $1,6 \cdot 10^{-4}$; песчаники – $2,4 \cdot 10^{-4}$; глинистые породы – $4 \cdot 10^{-4}$; углеродисто-глинистые породы – $(1-2) \cdot 10^{-3}$. Подобное распределение характерно для тория и, за исключением эвапоритов, для калия. Содержание U, Th и K в геосинклинальных толщах повышено по сравнению с исходными (для образования земной коры) базитами. В ультраосновных породах концентрация урана составляет $(0,6-1) \cdot 10^{-4}$ %. Как следствие, геосинклинальные отложения – это источник интенсивного радиогенного тепловыделения.

Энергетический баланс геосинклинально-орогенных областей. Суммарное тепловыделение осадочных пород в ходе их метаморфизма ($E_{C\Box}$) обуславливается окислением органического вещества, превращением гипергенных минералов в гипогенные и радиоактивным распадом. С учётом $E_{C\Box}$ составлено полное уравнение баланса энергии геосинклинально-орогенной системы (ГОС) на инверсионной стадии её развития. В общей (неразвёрнутой) форме оно имеет вид [8, 9]:

$$B = E_C + Q_H - \Delta\Theta - E_\Phi - E_T - Q_B \quad (5)$$

Здесь B – величина баланса; Q_H – приток (или сток) тепла через нижнюю границу осадочной толщи; $\Delta\Theta$ – расход тепла на повышение температуры пород в ходе регионального метаморфизма; E_Φ – затраты тепла на фазовое превращение (плавление) пород; E_T – затраты энергии на складко- и горообразование; Q_B – кондуктивный и конвективный сток тепла через верхнюю границу толщи.

По эмпирическим данным в качестве нормативных показателей инверсионной стадии ГОС мы принимаем: повышение средней температуры осадочной толщи на 400 К (от 200 до 600 °С); фазовый переход (превращение в гранитоидную магму) 20% массы пород; разуплотнение толщи на 25% (вызывающее начальное складко- и горообразование); удвоение среднего теплового потока через кровлю толщи (от 0,045 до 0,09 Вт/м²). Эти показатели соответствуют собственному балансу (когда $B = 0$).

В общем случае имеют место отклонения (невязки) баланса, обусловленные вариациями величины $E_{C\Box}$ и других составляющих уравнения (5). Согласно расчётам, при положительных отклонениях баланса ($B > 0$) показатели инверсионной стадии превышают норму, а при отрицательных ($B < 0$) они понижены вплоть до исходного уровня. Вследствие этого инверсионная стадия является относительно мощной или, наоборот, слабо выраженной тектоно-магматической пульсацией. Такова природа геосинклинально-орогенных циклов.

Величина B более всего зависит от вещественного состава геосинклинальных отложений, их мощности (H) и продолжительности инверсионной стадии (τ_n). При нормативном составе отложений значения B показаны в таблице. Они отнесены к 1г вещества вертикальной колонны отложений высотой H и сечением 1 см².

Таблица

Энергетический баланс ГОС (Дж/г) на инверсионной стадии геосинклинально-орогенного цикла при различных значениях H и τ_u . Величина E_C фиксирована

H, км	τ_u , млн лет				
	0.1	1	5	10	20
10	138	91	-95	-328	-794
15	129	104	-7	-154	-422
20	124	107	34	-58	-240

Оказывается, при всех значениях H инверсионная стадия обеспечена энергией на уровне $B > 0$ и $B \approx 0$, если τ_u находится в диапазоне от 0,1 до 5 млн. лет. С увеличением τ_u ресурс энергии быстро снижается по сравнению с нормативным. Но отметим, что заложенные в таблице значения τ_u привязаны к расчётам локального масштаба. При охвате крупных участков ГОС проявляется асинхронность локальных событий, которая увеличивает реальную продолжительность инверсионного процесса.

Величина B сравнительно слабо зависит от H . Однако значения H определяют возможность «запуска» инверсионной стадии как таковой [9, 10]. Термохимические процессы саморазогрева отложений начинаются при исходной средней температуре осадочной толщи приблизительно 200°C и температуре в её основании около 400°C . Если учесть, что температура поверхности толщи близка к 0°C , то для нагрева подошвы толщи до 400°C необходимы следующие значения геотермических градиентов (К/км): 400 ($H=1$ км); 80 ($H=5$ км); 40 ($H=10$ км); 26,7 ($H=15$ км); 20 ($H=20$ км). Градиенты, превышающие 40 К/км, наблюдаются в особых тектоно-магматических обстановках, обычно вне областей регионального метаморфизма. В пределах ГОС рассматриваемое исходное термическое условие выполняется при $H = 10$ км и более. Этот вывод заложен в таблице, а значения H менее 10 км не рассматриваются.

Энергия альпийского тектогенеза в Крымско-Кавказской геосинклинали. Отмеченные термические и энергетические факторы тектоно-магматического процесса в ГОС свойственны всем геосинклинально-орогенным областям мира [9]. Вполне понятно, что региональные особенности этих факторов обуславливают различия тектоно-магматических событий в разных ГОС. Особенности состояния факторов оказывают влияние также на события местного масштаба в пределах каждой ГОС. Проиллюстрируем это на примере Крымско-Кавказской геосинклинали в альпийскую эпоху тектогенеза.

В Керченско-Таманской области рассматриваемой геосинклинали хребты Горного Крыма и Западного Кавказа разобщены. Там имеет место «тектонический просвет» - прогиб протяжённостью около 150 км, охватывающий два полуострова и прилегающие участки дна Чёрного и Азовского морей. В ходе альпийского тектогенеза мезокайнозойские отложения прогиба не претерпели регионального метаморфизма и значительных деформаций. Эту пассивность трудно объяснить в рамках существующих геотектонических теорий.

Согласно региональным построениям тектоники литосферных плит, альпийские горно-складчатые сооружения Южного Крыма и Западного Кавказа возникли вследствие коллизионного взаимодействия черноморской микроплиты с евроазиатской плитой. Но возникает вопрос: почему предполагаемый напор черноморской микроплиты на один и тот же борт Скифской платформы не привёл к возникновению целостной Крымско-Кавказской орогенической структуры? Природа «тектонического просвета» не получает объяснения и в идеях глубинно-геосинклинального происхождения гор Крыма и Западного Кавказа. В соответствии с ними, орогенические события обуславливаются воздействиями мантии на земную кору: образованием разломов, базитовым магматизмом, поступлением флюидов. Но непонятно, в чём причина исключительности Керченско-Таманской области, если она находится в срединной части единой Крымско-

Кавказской геосинклинальной области?

В плане нашего исследования, для выявления природы «тектонического просвета» проведена оценка отложений Крымско-Кавказской геосинклинали как источника геохимической энергии [10].

В начале альпийского тектонического цикла (в триасе и юре) на месте ныне существующих орогенов Крыма и Большого Кавказа сформировались осадочные толщи мощностью 6–15 км. В их составе преобладали глинистые отложения со значительной долей органического вещества. В этом отношении представительны «альминский тип» отложений таврической серии в Крыму и «чёрная юра» на Кавказе. В юрское время в обеих областях имели место региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм, сопутствующий вулканизм, складко- и горообразование. Далее, вплоть до завершения альпийской складчатости, преобладала аккумуляция песчано-глинистых отложений и терригенно-карбонатного флиша. Их мощность составила 3–7 км.

Керченско-Таманская область, согласно геологическим материалам о региональных тектонических условиях, соответствует локальному выступу эпигерцинской Скифской плиты. На протяжении юры, мела и палеогена там не происходило значительного прогибания земной коры. Мощность накопленных в это время карбонатных и песчано-глинистых отложений составляла 4–5 км. В олигоцене, когда началось поднятие складчатых сооружений Крыма и Западного Кавказа, увеличилась скорость терригенного осадконакопления на их периферии. В Керченско-Таманской области образовался молодой осадочный чехол мощностью около 5 км. Общая мощность осадочной толщи местами достигла 10–12 км.

Согласно этим сведениям, в период с триаса до границы палеоген – неоген в геосинклинальных областях Крыма и Западного Кавказа накопились обогащённые органикой отложения толщиной 10–15 км. По данным представленной таблицы, там могли протекать, в нормативном и ослабленном виде, тектоно-магматические процессы инверсионной стадии развития ГОС. В Керченско-Таманской области мощность отложений рассматриваемого возраста не превышала 5 км. Удельное содержание геохимической энергии было сравнительно низким, недостаточным для проявления инверсионной стадии. Кроме того, температура в подошве осадочной толщи не могла повыситься до необходимых исходных значений около 400°C. Как следствие, хребты Южного Крыма и Западного Кавказа оказались разьединёнными «тектоническим просветом».

Закключение. В целом, имеется физически ясная энергетическая причина существования Керченско-Таманского прогиба. Согласно проведенному анализу, необходимым условием превращения этого прогиба в горно-складчатую структуру является дополнительное осадконакопление. В будущем, при увеличении мощности и энергетического потенциала осадочной толщи, а также сопутствующем повышении её температуры, она претерпит инверсионную стадию развития. Возникнет новое горно-складчатое сооружение, которое объединит горные структуры Крыма и Кавказа. Северо-восточное горное обрамление Чёрного моря станет непрерывным. Крымско-Кавказская ГОС продвинется к более зрелому состоянию.

Подобным образом, наличие собственной геохимической энергии осадочных пород может иметь основополагающее значение в изучении генезиса ряда других структур Крымско-Кавказской ГОС. Это касается, например, деления антиклинорий Южного Крыма и Большого Кавказа на сегменты различной структуры, ширины и высоты; существования хребтов продольного и поперечного простирания; расчленённости боковых хребтов куэстами. В решении этих задач, как нам представляется, следует сосредоточить внимание на функциональной взаимосвязи структур и процессов рассматриваемой системы.

Литература

1. Белов Н.В., Лебедев В.И. Источники энергии геохимических процессов // Природа, 1957. № 5. С. 11-20.
2. Белоусов В.В. Основы геотектоники. М.: Недра, 1989. 382 с.
3. Буллах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Формулы минералов. Термодинамический анализ в минералогии и геохимии. СПб.: Издательство СПб ГУ, 1995. 260 с.
4. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. 422 с.
5. Власов Г.М. Глубинно-геосинклинальная концепция тектогенеза (на примере древних и молодых гранит-зеленокаменных поясов). Владивосток: Дальнаука, 2000. 114 с.
6. Лебедев В.И. Основы энергетического анализа геохимических процессов. Л.: Издательство ЛГУ, 1957. 342 с.
7. Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. М.: Недра, 1982. 208 с.
8. Сергин С.Я. Глобальная геологическая система и системная геотектоническая концепция // Сб.: Исследование и формирование геосистем. Туапсе, 2009. С. 7–40
9. Сергин С.Я. Системная организация процессов геологического развития Земли. Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. 360 с.
10. Сергин С.Я. Энергетическая причина слабой дислоцированности Керченско-Таманской области в альпийскую эпоху // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания. Том 2. М.: ГЕОС, 2017. С. 183–187.
11. Сергин С.Я., Сергин В.Я. Природа глобальных геологических циклов: системный подход. М.: Наука, 1993. 123 с.
12. Saull V.A. Chemical energy and metamorphism // Geochimica et Cosmochimica Acta, 1955. Vol. 8. No. 1/2. Pp. 86–107.