

Глава 1

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ: ТЕКТОНИКА, ГЕОМОРФОЛОГИЯ

1.1. Глубоководная котловина Черного моря и ее горно-складчатое обрамление

Н.В. Короновский

Введение

Котловина Черного моря со всех сторон окружена горно-складчатыми сооружениями альпийского пояса. По ее северной окраине располагаются сооружения Горного Крыма и Большого Кавказа, по южной – Балкан, Понтид и Малого Кавказа. Северо-восточное окончание котловины замещается Рионской межгорной впадиной, а на северо-западе Мезийской плитой. Впадина Черного моря оказывается зажатой в кольце перечисленных выше структур и подразделяется на две четко выраженные котловины, очерченные по изобате в 2000 м: Западно-Черноморскую и меньшую – Восточно-Черноморскую, разделенные поднятиями хребта Андрусова и хребта Архангельского СЗ–ЮВ простираний, имеющих, скорее всего, сдвиговый характер. Эти две котловины обладают в целом плоским дном на глубинах около 2200 м, но ограничены крупными континентальными склонами.

Два хребта, разграничивающие две котловины Черного моря, подстилаются континентальной корой, в то время как котловины обладают отсутствием геофизического «гранитно-метаморфического слоя» или его резким уменьшением в мощности. Континентальной корой сложен, и т.н. «вал, или плита Шатского», примыкающая к Туапсинскому прогибу, расположенному вдоль подножья Большого Кавказа. Общая площадь Черного моря составляет 423 тыс. км². Глубоководные котловины окружены континентальными склонами с крутизной в 15–20°,

переходящими в шельфовые зоны различной ширины (от 5 км у южного берега Крыма до 40 км в районе Феодосии и 50 км у северо-западного окончания Кавказа). Подобная максимальная ширина шельфа характерна и для некоторых других, но незначительных по площади районов, расширяясь только в северо-западной части моря в районе Одесского шельфа до 100 км. В обрамлении Понтид шельф узкий, не превышающий 10–20 км. Различным вопросам строения, формирования и складчатого обрамления Черного моря посвящено очень много работ, наиболее полный список которых можно найти в статье этой монографии и в работе [Шрейдер, 2011].

Горно-складчатое обрамление

Периферия Черноморской котловины образована разновозрастными горно-складчатыми сооружениями Альпийского пояса. С северо-востока это прямолинейно вытянутое горное сооружение Большого Кавказа, обрамляемое с севера зоной Предкавказских передовых прогибов – Индоло-Кубанского и Терско-Каспийского, разделенных приподнятой Минераловодской седловиной. Особенностью зоны сочленения этих структур является плавный переход горного сооружения в передовую прогиб, без надвигания первого на второй. Самый западный участок Индоло-Кубанского передового прогиба перекрывается Керченско-Таманской зоной поперечного погружения. Для Большого Кавказа характерна четко выраженная продольная зональность, и в раннеюрское время континентальная кора сохранялась в осевой части юрского бассейна. Доюрский фундамент был нарушен системой конседиментационных разрывов, образованием многочисленных даек – подводящих каналов для базальтовых лав [Панов, Ломизе, 2007]. Задуговой бассейн южного склона Б. Кавказа образовался лишь в байоссе, когда возникла Закавказская островная дуга. Со второй половины раннего байосса в результате начавшейся субдукции по северной окраине Малокавказского океанического бассейна, образовался Понтийско-Закавказский окраинно-континентальный вулканический пояс и в его тылу возникли бассейны Южного склона Б. Кавказа [Панов, Ломизе, 2007]. Грузинская глыба, или Закавказский массив существовал все это время и в его пределах проявлялся вулканизм, местами весьма сильный. По северной окраине Грузинского массива базальтовая серия байосса перекрывается континентальными озерными песчано-глинистыми отложениями с пластами углей, образующими Ткибульское и Ткварчельское месторождения. Зона Грузинского массива с Рионской впадиной открывается в сторону Восточно-Черноморской котловины, где обладает узким и крутым склоном, практически не имея шельфа. Рионская и Куринская впадины лежат в одной полосе с двумя Черноморскими и Южно-Каспийской впадинами, причем первые две находятся в области верхнедокембрийского Закавказского массива метаморфических пород, верхнепале-

озойских вулканитов и, возможно, офиолитов, образующих узкую зону. Следует отметить, на западе с Черноморской впадиной граничит такая же по возрасту Мезийская древняя плита.

Западное и южное обрамление котловины Черного моря обладает неоднородным строением. На западе находится поднятие Добруджи и Мезийская эпибайкальская плита, покрытая полого залегающим более молодым чехлом. Между Мезийской на юге и Скифской (Скифско-Молдавской) плитами располагается складчато-покровное сооружение Северной Добруджи шириной на юге не более 50 км. В северной зоне Мэчин развиты метаморфиты среднего и верхнего протерозоя, а выше – сланцево-карбонатный флиш силура–девона, несогласно перекрытый терригенным карбоном. И все это прорвано гранитоидами и сиенитами. Зонай разлома Печеняга-Камена разделяются две части Добруджи – зона Мэчин и зона Тульча, разрезы которых отличаются, что заставляет считать их разными террейнами, отложения которых были деформированы в раннекиммерийскую фазу складчатости.

Южная зона западной части Большого Кавказа представлена Новороссийским синклинирем, сложенным мощными флишевыми толщами мелового–эоценового возраста, смятыми в сложные опрокинутые к югу складки, местами переходящие в небольшие покровы. Эти структуры прослеживаются по сейсмическим материалам и на дне Черного моря, перекрывая и надвигаясь на кайнозойский молассовый бассейн, протягивающийся узкой полосой к востоку вдоль всего побережья. Поперечная Пшехско-Адлерская флексурная зона отделяет более приподнятую восточную часть Большого Кавказа от западной. Восточнее на южном склоне прослеживается узкая Гагро-Джавская зона, являющаяся переходной к Северо-Закавказскому массиву и сложенная флишоидной терригенной толщей нижней юры–аалена, перекрываемая выше базальтами байосского яруса, такими же, как и на Грузинском массиве.

Примыкающая к восточному окончанию Черноморской впадины зона Грузинского массива сложена метаморфическими породами, обнажающимися в Дзирульском выступе, на большей своей территории зона перекрыта слабо деформированным маломощным чехлом мелководных юрских, верхнемеловых и олигоцен-миоценовых отложений. К мезозойским отложениям относятся флиш нижнего и известняки среднего триаса с кислыми вулканитами, а выше залегает юра – пестроцветно-глинистая и карбонатная.

На юго-западном закруглении Черноморской котловины в районе пролива Босфор обнажаются метаморфические толщи, аналогичные толщам докембрийского Родопского массива. Они прослеживаются и восточнее, слагая участки Западных Понтид. Южнее Мезийской плиты к Черному морю выходят т.н. зоны Предбалкан и Среднегорья. До раннего мезозоя развитие этих зон проходило одинаково с Мезийской плитой, но в нижнем мелу появляется флиш и сильно возрастают мощности, а еще выше по разрезу господствуют мелководно-песчаные отложе-

ния нижнего мела, затем карбонатный верхний мел и песчано-глинистые толщи вплоть до верхнего эоцена. В середине мела проявляется складчатость, в результате которой вся Предбалканская зона подвергалась воздыманию над Мезийской плитой с образованием надвигов и покровов. Структуры на шельфе Черного моря изменяют простирание с широтного на юго-восточное в сторону Анатолийского побережья. Надо отметить, что во всех этих структурах развита покровная тектоника. В Среднегорье широко проявился среднемиоценовый вулканизм, образующий вулканоплутонический пояс, прослеживаемый в Западные Понтиды, но располагающийся непосредственно севернее побережья, в прибрежной зоне Черного моря. На самом юго-западе Балканид, вблизи Черноморского побережья, находится зона Странджи, представленная метаморфизованными породами девона, триаса и юры, находящимися в виде тектонических покровов, возможно перемещенных с юга через Родопский массив. Самую северо-западную часть побережья Черного моря, севернее Добруджи, занимает Преддобруджинский прогиб, выполненный полого лежащим чехлом палеозойских и мезозойских отложений.

Все южное побережье Черного моря занято горным сооружением Понтид, подразделяющихся на Западные, Центральные и Восточные. Западные Понтиды по Северо-Анатолийскому сдвигу подразделяются на внешние и внутренние. Причем внутренние обрамляются с юга Эрзинджан-Анкарской офиолитовой сутурой, возникшей после того, как в среднем эоцене клин (индентер) Аравийской докембрийской плиты столкнулся с краем Евразийской окраины и, деформируя ее, продвинулся к северу на сотни километров, одновременно отжимая коровый материал к западу, чем и определяется новейшая структура Анатолии. Во внешних, Западных Понтидах на байкальском метаморфическом фундаменте залегают палеозойские толщи, несогласно перекрываемые триасовыми, юрскими и меловыми, в основном, карбонатными отложениями, интенсивно дислоцированными в позднем мелу с образованием покровов. Все эти толщи несогласно перекрываются верхнемеловыми вулканитами. Южнее Северо-Анатолийского сдвига местами располагаются фрагменты Южно-Понтийского вулканического пояса.

Примерно в середине Понтид находится сдвиг Инеболу-Варта, восточнее которого хорошо выражены вулканиты внешней зоны Восточных Понтид и еще далее на востоке смыкающиеся с Аджаро-Триалетской складчатой зоной Малого Кавказа. В Южно-Понтийском поясе, на западе, широко проявился молодой известково-щелочной вулканизм, в том числе и кислый.

Аджаро-Триалетская складчатая зона к западу от Батуми погружается в Черное море, где смыкается с Восточными Понтидами. В середине мела южный край Грузинского массива подвергся раздроблению и погружению, а в позднем мелу, палеоцене и эоцене неоднократно происходили вспышки мощного подводного вулканизма. В олигоцене этот прогиб испытал сжатие, в результате которого сформировалось веерообразное линейно-складчатое сооружение. Вулканиты Аджаро-Триалетской структуры обладают преимущественно андезитовым составом, но

в позднем эоцене щелочные и субщелочные вулканы были прорваны небольшими диоритовыми интрузиями. Складки опрокинуты и надвинуты к северу в сторону Грузинского массива. В западном направлении складчатые структуры Аджаро-Триалетской зоны прослеживаются уже в шельфе Черного моря и приобретают юго-западное простирание. Предполагается, что Аджаро-Триалетская зона представляет собой внутридуговой рифт, наложенный на меловую вулканическую дугу, которая, в свою очередь, была наложена на южный край Грузинского массива. Сам массив в своей западной части обладает приподнятым древним фундаментом, перекрытым небольшим по мощности чехлом, осложненным Окрибо-Сачхерским поднятием, сложенным базальтами юрского возраста. Все эти отложения перекрыты морскими молассовыми отложениями олигоцена–миоцена, а с севера массив ограничивается разломом, за которым находится Гагра-Джавская зона, принадлежащая уже сооружениям Большого Кавказа.

Северное обрамление Черноморской котловины, кроме северо-западного замыкания Большого Кавказа, характеризуется поперечным Керченско-Таманским прогибом и сооружением Горного Крыма, на севере ограничено западной частью эпипалеозойской Скифской плиты, продолжающейся на запад, где она граничит с Мезийской плитой, отделяясь от нее структурой Добруджи с киммерийской складчатостью.

Черное море располагается в пределах Альпийско-Средиземноморского пояса и поэтому окружено различными структурными элементами, кратко охарактеризованными выше. Часть из них имеет продолжение в Черноморские впадины, а другая часть срезается границами шельфа. Важной особенностью складчатого обрамления Черного моря является присутствие в разных структурах офиолитовой ассоциации, местами образующей протяженные сутуры, как, например, в Анатолии. Все они свидетельствуют о существовании в прошлом океанических впадин и процессов субдукции, которые местами приводили к образованию островных дуг с энергичным вулканизмом.

Черноморские впадины

На фоне эволюционировавшего складчатого пояса образовались Черноморские котловины – Западная и Восточная. Строению осадочного чехла, характеру земной коры и, наконец, их образованию посвящено большое количество работ, в которых порой высказываются противоположные взгляды, что связано с еще недостаточной изученностью, особенно геофизической, котловин. Цитировать все статьи, посвященные этим вопросам, учитывая их большое количество, не имеет смысла, поэтому будут упомянуты лишь наиболее существенные для понимания рассматриваемого вопроса. 7 лет назад вышла книга Ал.А. Шрейдера [2001], в которой достаточно подробно рассмотрено формирование представления о генезисе Чер-

ного моря, основанное преимущественно на сведениях о геологии окружающих море складчатых структур, т.к. какие-либо геофизические данные отсутствовали.

С одной стороны, было высказано мнение о реликтовой природе коры океанического типа в Черноморских впадинах, а с другой – высказывалось предположение об их рифтовом происхождении при начале формирования рифта в палеоцене или даже в конце мезозоя. Кроме того, существовали гипотезы о том, что впадины сформировались в результате погружения древнего массива типа Грузинской глыбы, что сопровождалось изменением физических свойств континентальной коры, т.е. фазовыми переходами. Начало погружения в Черноморских впадинах также трактовалось неоднозначно.

Существуют мнения о том, что начало погружений впадин приходится на палеозойское время, продолжалось в мезозое и усилилось в палеогене. В последнее время развиваются идеи о влиянии субдукционных процессов в окружающих Черноморские впадины складчатых структурах, возникновению островных дуг, задугового спрединга, рифтинга и т.д. Ни одно из этих предположений не отвечает на многие вопросы предполагаемой истории возникновения и развития Черноморских впадин, а с учетом их неопределенного глубинного строения остается еще не решенной.

Строение и образование впадин

Как же построена котловина Черного моря? Две впадины – Восточная и Западная, глубиной около 2 км, разделены валом Андрусова, причем Западная котловина обширнее Восточной. Обе впадины довольно подробно, хотя и неравномерно покрыты сетью сейсмических профилей и в юго-западной части Западной котловины и в западной части Восточной котловины, вблизи вала Андрусова имеются 3 скважины глубоководного бурения, осуществленного в 1975 г. с проникновением в осадки до 1073,5 м с НИС «Гломар Челленджер». Возраст вскрытых наиболее древних отложений точно не датирован, хотя осадки и отнесены к миоцену. Две Черноморские впадины образовались либо почти одновременно, либо Западная котловина возникла несколько раньше. Одной из важных проблем является размещение в Черноморских впадинах безграничной земной коры, конфигурация которой в разных работах сильно различается. А в некоторых даже полностью отрицается (рис. 1.1.1).

В Западной Черноморской впадине отсутствие безграничной коры предполагается на более значительной площади, тогда как в Восточной впадине подобная кора занимает меньшую площадь или вообще гранитная кора обладает очень небольшой мощностью (рис. 1.1.2) [Starostenko et al., 2004; Галушкин и др., 2007]. Были рассчитаны возможные движения блоков фундамента, которые вызвали его раскрытие [Шрейдер, 2011]. Это раскрытие происходило в позднем мелу, скорее



Рис. 1.1.1. Структура Черноморских впадин по поверхности мезозойских отложений [Туголесов и др., 1983]. 1 – изогипсы поверхности мезозойских отложений (км); 2 – мезозойские породы на поверхности; 3 – отсутствие геофизического гранитно-метаморфического слоя земной коры [Шрейдер, 2011]; 4 – домезозойские породы.

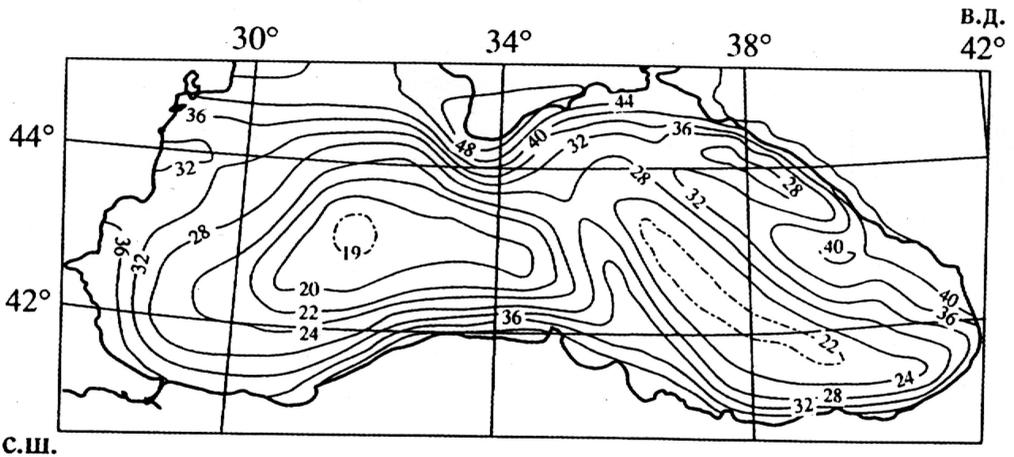


Рис. 1.1.2. Поверхность Моховоричича (км) по сейсмическим и гравитационным исследованиям [Starostenko et al., 2004; Галушкин и др., 2007] из работы [Шрейдер, 2011].

всего в сеноманский–сантонский века. Объем осадочного тела, выполняющего котловины, за все кайнозойское время составил $2\,243\,104,3\text{ км}^3$, причем средняя скорость была $34,24\text{ км}^3/\text{тыс. лет}$ [Шрейдер, 2011]. В этой же работе подробно описаны скорости, объемы и массы осадочного материала в разные временные интервалы начиная с олигоцена.

Каково же осадочное выполнение Черноморских впадин? Наиболее полные данные по этому вопросу приведены в работе Ал.А. Шрейдера [2011], в которой обобщены многочисленные исследования за последние 20 лет. Древнейшими осадочными породами в Черном море можно считать палеоцен–эоценовые породы, сменяющиеся наиболее мощными олигоцен–раннемиоценовыми, средне–позднемиоценовыми, позднемиоцен–плиоценовыми и четвертичными. Все эти стратиграфические интервалы осадочного разреза довольно хорошо документированы сейсмическими исследованиями, на основе которых создан электронный банк цифровой информации [Шрейдер, 2011].

Максимальная мощность четвертичных отложений в 1,6–2 км наблюдается в Западно–Черноморской впадине вблизи устья Дуная и здесь же мощность позднемиоцен–плиоценовых осадков составляет чуть более 1–1,5 км. Средне–позднемиоценовые осадки накапливаются в пределах 2,5 км в восточной части Западно–Черноморской впадины и в Восточной впадине, мощность осадков в которой увеличивается до 2,8 км и даже 3,2 км на востоке. В олигоцене – раннем миоцене (в майкопское время) в Западной впадине накопилось более 6 км осадков, а в Восточной – 5 км, тогда как в палеоцене–эоцене мощности были меньше, соответственно, в Западной впадине – 3–4 км, в Восточной – 2–3 км. Таким образом,

за весь кайнозой максимальное количество осадков в Западной впадине Черного моря превысило 12–14 км, а в Восточной составило чуть больше 12 км (рис. 1.1.3).

Накопление всех этих осадочных толщ происходило с разной скоростью, которая может колебаться от 3–4 до 20–21 см за тысячу лет [Шрейдер, 2011]. А на валу Андрусова – не более 6 см/тыс. лет, в то время как на валу Шатского 3–4 см/тыс. лет.

Формирование альпийского горно-складчатого сооружения Кавказского синтаксиса проходило в обстановке субмеридионального горизонтального сжатия как результата сближения Восточно-Европейской платформы и Аравийской пли-

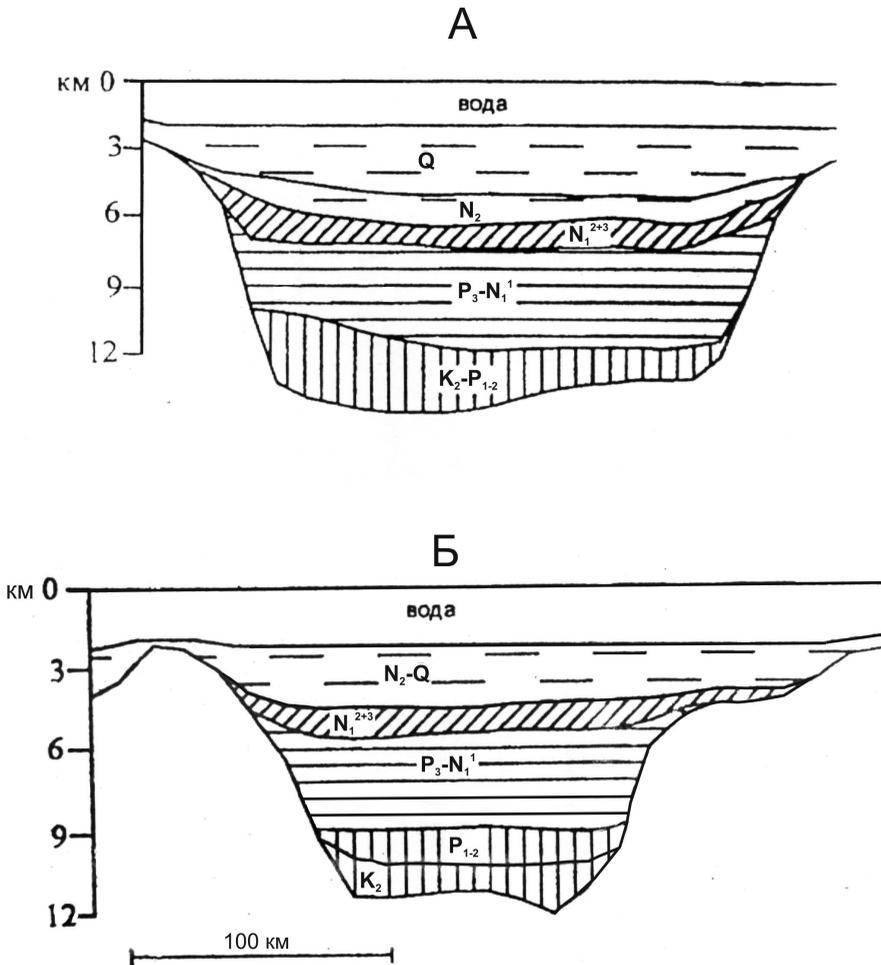


Рис. 1.1.3. Результаты двухмерного компьютерного моделирования строения осадочной толщи Западной (А) и Восточной (Б) Черноморских впадин [Никишин и др., 2001].

ты. Черноморская впадина окружена альпийскими горно-складчатыми областями, которые в целом, хотя и не совсем равномерно, либо надвинуты на впадину, либо ограничивают ее системами разрывов. Возникает вопрос: почему в конце позднего мела или в начале палеогена территория, занятая Черноморскими впадинами, вдруг начала быстро, хотя и не совсем одинаково, погружаться? На поднятие Шатского с СВ надвинуты горно-складчатые сооружения Центрального и Западного Кавказа, но в олигоцене – раннем миоцене в этом месте было море, да и остальной Большой Кавказ был им покрыт. Орогенез и надвигание складчатых масс на юг началось позже, а Восточно-Черноморская впадина уже испытывала интенсивное погружение. Южное обрамление Восточно-Черноморской впадины в позднемеловое время обрамлялось Восточно-Понтийским вулканическим поясом, напоминающим островную дугу, возникшую при закрытии океанических впадин в Центральной Анатолии, на месте которых образовались офиолитовые сутуры [Ломизе, 2000].

Менее определено вырисовывается ситуация в Западно-Черноморской впадине, отделенной от Восточно-Черноморской поднятием Андрусова. Предполагается, что это поднятие, как и поднятие Шатского, в позднем мелу и в раннем палеогене могло быть на уровне моря или незначительно погружалось [Шрейдер, 2011]. Если суммировать все данные по геологии обрамления Черноморских впадин, то можно сделать вывод о быстром и почти одновременном их погружении, о чем свидетельствуют крутые, обрывистые прибрежные зоны. Но что могло вызвать столь быстрое опускание в условиях субмеридионального сжатия? Наиболее приемлемым объяснением может быть предположение о возникновении сначала расколов, трещин в континентальной коре (массиве), которые могли перейти в локальный, сугубо местный, спрединг диффузного типа, процесс которого описан в [Шрейдер и др., 2001]. Нужно вспомнить, что верхнеюрские отложения на г. Демерджи сложены конгломератами с галькой разнообразных кристаллических пород и снос этого материала шел с юга, со стороны Черного моря, может быть, с поднятия Андрусова. В то же время, на южном берегу Крыма, непосредственно в береговых обрывах мыса Фиолент недавно описана офиолитовая ассоциация пород среднеюрского возраста [Промыслова и др., 2016]. В Северной Добрудже известна сутура – узкая зона с триасовыми вулканитами. Может быть, они и представляют собой начало раскола структуры, сейчас скрытой под толщей позднемеловых и кайнозойских осадков Черноморских впадин? Черное море граничит с запада с Мезийской древней эпибайкальской плитой, а с востока – также с древним Грузинским массивом, фундамент которого обнажается на Дзирульском выступе. Этот массив продолжается на восток в Куринскую впадину, в которой Саатлинской глубокой скважиной вскрыта мощная среднеюрская вулканогенная толща. Не исключено, что Черноморская впадина представляет собой структуру, возникшую на месте древнего массива, подвергнувшегося раздроблению и затем быстрому погружению? Скорость погружения была различной в разное время и

в разных местах Черноморских впадин [Шрейдер, 2011; Никишин и др., 2001]. Может быть, скорость осадконакопления отражала темп раздробления древнего фундамента большого массива, подвергнувшегося субмеридиональному сжатию и раскалыванию в позднеальпийское время. Было высказано предположение о формировании в альбское время на месте Черного моря вулканического пояса и процесса задугового рифтинга и проведено двухмерное компьютерное моделирование истории погружения Черноморских впадин, в котором наиболее быстрым опусканием отмечено майкопское время – олигоцен – нижний миоцен [Никишин и др., 2001] и, соответственно, наибольшая мощность осадков. Следы расколов земной коры в конце раннего мела в разных структурах, обрамляющих Черноморские впадины и сопровождавшиеся вулканизмом, хорошо известны.

Отсутствие доброкачественных и полных геофизических данных о глубинном строении этого региона не позволяет дать убедительный ответ на причину возникновения впадины Черного моря и строение ее фундамента.
