

УДК 551.311.23(262.5)

А. И. ВАРДАПЕТЯН, О. Г. СОРОХТИН

О ВОЗРАСТЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ И ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ
ВПАДИН

В статье рассматривается возраст Черноморской и Южно-Каспийской впадин с позиций тектоники литосферных плит. Так как субокеаническая литосфера этих впадин была генерирована в рифтовых зонах, то, используя известную корневую зависимость между глубиной залегания коренного ложа океана и его возрастом, можно определить возраст впадин. Соответствующие расчеты указывают на древний, около 200 млн. лет, возраст, который хорошо подтверждается для Черноморской впадины данными о скоростях осадконакопления.

Современное взаимодействие впадин с примыкающими сооружениями выражается в дальнейшем поглощении океанической литосферы впадин в зонах субдукции, падающих под континентальные поднятия. Замедление процессов субдукции вследствие столкновения континентальных масс на срединном отрезке Альпийско-Гималайского пояса позволило впадинам сохраниться в современном виде.

Черноморская и Южно-Каспийская впадины по строению и истории развития принципиально отличаются от складчатых ветвей Альпийско-Гималайского пояса. Наиболее изученной из впадин внутренних морей на территории СССР в настоящее время является Черноморская. В ее пределах отработано свыше 20 сейсмических профилей, освещающих глубинное строение земной коры.

Наиболее важные особенности ее строения по данным геофизических исследований следующие. Под осадками мощностью до 15 км [6] здесь залегает базальтовый слой. Мощность его в центральной части Черноморской впадины—5—7 км, тогда как в прилегающих районах суши его мощность резко возрастает. Гранитный слой в пределах Черноморской впадины имеет ограниченное распространение, он отсутствует в ее центральной глубоководной части, но к периферии, в шельфовой и береговой зонах достигает мощности 20 км.

Осадочная серия центральных районов Черноморской впадины имеет спокойное, почти горизонтальное залегание, у северных и южных берегов строение ее существенно усложняется. Переход от спокойно залегающей осадочной толщи к зоне дислоцированных осадков совпадает с появлением в структуре земной коры гранитного слоя [6].

Таким образом, строение осадочного чехла приводит нас к выводу о тектонической пассивности Центральной части Черноморской впадины. Для того, чтобы судить о роли ее в тектонических процессах Черноморско-Каспийского региона, важно определить ее генезис и возраст. Необходимость учета в единой модели таких факторов, как отсутствие

«гранитного» слоя в центральной части впадины и большая, достигающая 15 км, мощность осадочного чехла налагают определенные ограничения на возможный механизм ее образования. Существующие на сегодня точки зрения о генезисе впадины в основном представлены тремя гипотезами.

На основании одной из них Черноморская впадина считается молодым образованием и происхождение ее объясняется перерождением континентальной коры в океаническую [11, 12, 22, 23 и др.]. На основании другой—впадина произошла за счет палеогенового рифтогенеза [1], на основании третьей—впадина считается реликтом мезозойского океана Тетис [10, 15, 16, 26 и др.].

Основываясь на последней гипотезе, возможно рассчитать возраст Черноморской впадины в той ее части, где она сложена океанической корой. Согласно теории тектоники литосферных плит, океаническая литосфера генерируется в рифтовых зонах. Толщина ее определяется глубиной охлаждения и кристаллизации мантийного вещества и, следовательно, зависит от времени экспозиции вещества мантии на поверхность Земли, т. е. от возраста литосферы. Поскольку кристаллизация силикатов сопровождается возрастанием их плотности, то с увеличением мощности литосферы уровень ее должен изостатически понижаться в направлении от оси срединно-океанического хребта. Зависимость уровня поверхности коренного ложа не нагруженной осадками океанической плиты от ее возраста в первом приближении выражается корневой зависимостью [15]

$$\Delta h = 0,35 \sqrt{t}, \quad (1)$$

где Δh —средний переход уровней рельефа срединно-океанического хребта между его гребнем и любой точкой склона в км; t —возраст точки склона в млн лет.

Поскольку Черноморская впадина находится в состоянии изостатического равновесия [3, 6], то, мысленно убрав осадки, не нарушая изостатического равновесия, мы сможем рассчитать возраст коренного ложа впадины, которое займет более высокий по отношению к реальному уровень. Для расчета этого уровня воспользуемся схемой (рис. 1).

Можно написать:

$$h_w \rho_w + h_s \rho_s + h_e \rho_e = \rho_w h_x + h_e \rho_e + \rho_a (h_w + h_s - h_x), \quad (2)$$

где $\rho_w = 1,03 \text{ г/см}^3$; $h_w = 2 \text{ км}$; $\rho_s = 2,35 \text{ г/см}^3$ [6], $h_s = 14 \text{ км}$;

ρ_e —плотность литосферы, h_e —мощность литосферы, $\rho_a = 3,3 \text{ г/см}^3$;

$h_x = 7,5 \text{ км}$. $\Delta h = h_x - h_0$, где $h_0 = 2,5 \text{ км}$ —средняя глубина океана над гребнем срединно-океанического хребта. По формуле (1) возраст Черноморской впадины получается примерно равным 200 млн лет.

Современное осадконакопление в Черноморской впадине идет со скоростями от 0 до 10 см/1000 лет в западной части и до 30 см/1000 лет в восточной [14]. Если взять за среднюю скорость осадконакопления

значение 15 см/1000 лет и ввести поправку на уплотнение осадков вдвое [4], то средняя скорость седиментации будет равна 7,5 см/1000 лет. Получается, что для накопления современной толщи осадков потребовалось бы 200 млн. лет. Близкие значения получены Е. Е. Милановским [10].

Следует учесть, что подъем обрамляющих Черное море горных сооружений резко увеличил сток твердого вещества в Черноморскую впадину, так что современная скорость седиментации выше предшествующих.

Южно-Каспийская впадина почти идентична по своему строению Черноморской. Она, как и Черноморская впадина, характеризуется отсутствием гранитного слоя и большой, достигающей 20—25 км [2], мощностью осадочного чехла.

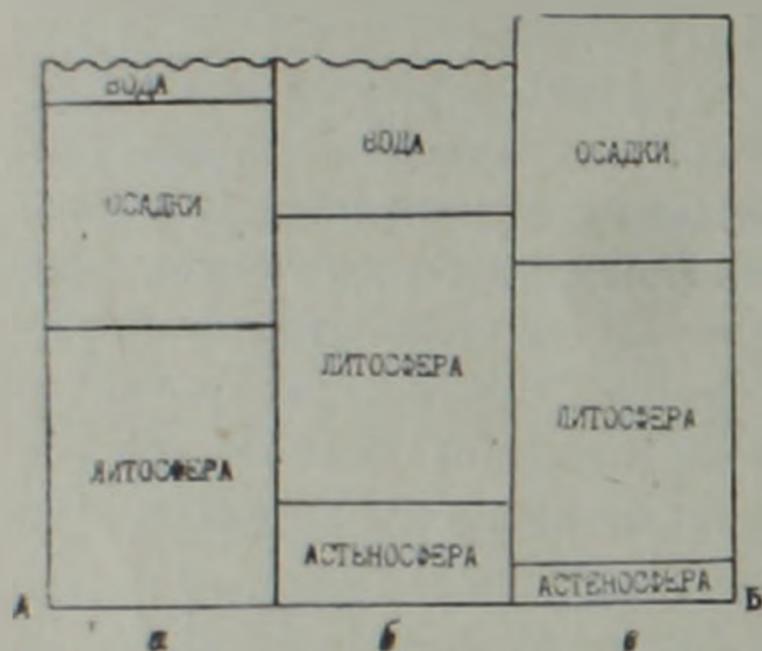


Рис. 1. Схематический разрез впадины: а—Черноморской; б—Черноморской без осадочного чехла в состоянии изостатического равновесия; в—Южно-Каспийской после компенсации отрицательной изостатической аномалии в 240 мгл. АБ—уровень изостатической компенсации.

Для Южно-Каспийской впадины расчеты принципиально не меняются, но отрицательные изостатические аномалии, свидетельствующие о ее погруженном состоянии, которое, по-видимому, вызвано динамическим эффектом надвигания прилегающих структур, усложняют их. Исходя из численных значений гравитационных аномалий, можно приближенно оценить величину погружения по формуле [19]:

$$\Delta g = 2\pi f \Delta \rho h, \quad (3)$$

аналогично тому, как это делалось в работе [8], где $\Delta \rho = \rho_a - \rho_w = 2,3 \text{ г/см}^3$ при $h = 1 \text{ км}$. Для $\Delta g = -100 \text{ мгл}$ величина погружения $h = 1 \text{ км}$, для $\Delta g = -240 \text{ мгл}$ величина погружения $h = 2 \text{ км}$. Можно написать

$$\rho_s h_s = \rho_w h_x + \rho_a (h_s - h_x) \quad (4)$$

для величины погружения в 1 км ($\Delta g = -100 \text{ мгл}$) и

$$\rho_s h_s = \rho_w h_x + \rho_a (h_s - h_x - 1) \quad (5)$$

для величины погружения в 2 км ($\Delta g = -240 \text{ мгл}$), где $\rho_s = 2,35 \text{ г/см}^3$ (скорость продольных сейсмических волн в осадочной толще Южно-Каспийской впадины, как и в осадочной толще Черноморской, не пре-

вышает 3,5 км/сек [2], что дает основание считать плотность осадков Южно-Каспийской впадины не превышающей плотности осадков Черноморской впадины); $h_0 = 20$ км; глубина Южно-Каспийской впадины ≈ 1 км.

Для первого случая возраст коренного ложа впадины равен 275 млн. лет, для второго—154 млн. лет.

Надо отметить, что формула (1) не учитывает фазового перехода в астеносфере, вызванного возрастанием давления утяжеляющейся литосферы на астеносферу в направлении от срединно-океанических хребтов. Учет этого явления для больших отрезков времени (60—80 млн. лет и более) приводит к уменьшению коэффициента, взятого в этих расчетах равным 0,35, и, соответственно, удревнению возраста океанической литосферы.

Таким образом, приведенные выше расчеты и соображения позволяют нам отнести Черноморскую и Южно-Каспийскую впадины к древним образованиям, по-видимому, триасового возраста, что позволяет считать их реликтами мезозойского океана Тетис. С этой точки зрения представляет интерес вопрос динамического взаимодействия впадин с прилегающими структурами.

В юрской эпохе (лейас-байос) в Горном Крыму формировались разнообразные по составу породы известково-щелочной серии [9], происхождение которых связано с процессами субдукции. Признаками, указывающими на субдукцию в более молодые эпохи, мы не располагаем. Но в настоящее время ряд геофизических признаков, таких, как характер распределения гравитационных аномалий в свободном воздухе и изостатических аномалий на профиле, пересекающем Горный Крым и Черноморскую впадину ортогонально простиранию Крымских структур, аналогичный характеру их распределения в системах островная дуга-желоб; пояс максимального выделения упругой энергии, расположенный между невулканической грядой и осью предполагаемого по минимуму изостатической аномалии желоба; повышенные значения теплового потока в тылу Крымских гор, область которых занимает в островных дугах положение вулканических гряд, позволяет предполагать здесь современную зону субдукции [17]. Это предположение подтверждается воздыманием Горного Крыма против действия изостазии, существованием здесь сейсмофокальной зоны, которая падает под Горный Крым под углом около 60° до глубины около 40 км [5] и морфологически выражена вергентностью складок Южнобережного и Туакского поднятий в сторону моря [13].

Полагая, что складки осадков Крымского континентального склона сформировались за счет горизонтального сжатия осадочного чехла в результате субдукции субокеанической литосферы Черноморской впадины под Горный Крым, Ушаков и др. [18] определили скорость субдукции за последние 10 млн. лет около 0,1 см/год. В расчетах не учитывалось затягивание осадков в зону Беньофа. Если полагать, что современная зона субдукции зародилась в новейшем тектоническом этапе (10—

12 млн. лет тому назад) и погрузилась за это время до глубины 40 км, то скорость субдукции получается равной 0,4—0,5 см/год. Если же последнее предположение неверно, то отсутствие землетрясений с залеганием гипоцентров глубже 40 км можно, по-видимому, объяснить тем, что из-за низкой скорости поддвига сколовые напряжения, возникающие в повышенных Р-Т условиях, релаксируются, не накапливаясь до необходимых для землетрясений количеств. Таким образом, приведенные факты и соображения позволяют предполагать субдукцию Черноморской субокеанической плиты под активную континентальную окраину Горного Крыма.

Граница Апшеронского порога с Южно-Каспийской впадиной проходит по восточному отрезку Крымско-Копетдагской шовной зоны. По данным профильных исследований МТЗ, в районе полуострова Челекен и Туркменского залива [7] выявлен глубинный разлом северо-западного простирания с падением на север или северо-восток, являющийся швом между Туранской платформой и Южно-Каспийской впадиной. По почти параллельному профилю МТЗ профилю ГСЗ, расположенному восточнее, этот же разлом прослеживается по поверхности Конрада и Мохоровичича с тем же наклоном на север или северо-восток [25]. По данным Б. А. Харикова [21], базальтовый слой Прибалханской депрессии погружается на большую глубину и, возможно, уходит под континентальную кору Большого Балхана. Граница между Южно-Каспийской впадиной и продолжающимися ее депрессиями с прилегающими с севера поднятиями выражена, как и на Большом Кавказе, разломом с падением под поднятия, по которому происходит пододвигание впадины. Распределение изостатических гравитационных аномалий близко к распределению их в системах островная дуга-желоб и приуроченность очагов происходящих здесь землетрясений к зоне разлома подтверждает это предположение.

С юга Южно-Каспийская впадина огибается горным сооружением Эльбурса. Центральная зона Эльбурса ограничена с севера плиоценовым надвигом с падением на юг, по которому горное сооружение надвигается на расположенный севернее прогиб. Вдоль северного фронта надвига складки прогиба опрокинуты на север [24]. Центральная зона сооружения испытала наибольшее воздымание в неотектоническую стадию. Толщи, слагающие зону, смяты и разбиты разрывами. Среди разрывов наиболее часты взбросы и крутые надвиги.

В процессе сжатия в осевой части Эльбурса деформированы миоценовые красноцветы и плиоцен-плейстоценовые отложения по периферии [20]. Вулканы новейшего этапа Эльбурса представлены известково-щелочными и щелочными сериями плейстоцен-голоценового возраста, происхождение которых связано с процессами субдукции [27]. Вулканизм Эльбурса продолжается до современности в виде фумарольной деятельности вулкана Демавенд. Среднефокусные землетрясения, зарегистрированные здесь, подтверждают существование зоны субдукции.

Приведенные доводы свидетельствуют о пододвигании Южно-Кас-

пийской впадины под континентальную окраину Эльбурса, которое происходит с большей скоростью, чем пододвигание впадины под северные поднятия, на что указывают как более четкая морфологическая выраженность активной континентальной окраины Эльбурса, так и более высокая сейсмичность ее по отношению к зонам северного обрамления впадины.

Таким образом получается, что поглощение океанической литосферы мезозойского океана Тетис, сохранившегося в виде реликтов-Черноморской и Южно-Каспийской впадин, продолжается в современности. Столкновения континентальных масс в срединном отрезке Альпийско-Гималайского пояса, по-видимому, замедлили процессы субдукции, что позволило впадинам сохраниться в современном виде.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР,
Институт океанологии
АН СССР

Поступила 26.VIII.1980.

Ա. Ն. ՎԱՐՎԱՊԵՏՅԱՆ, Օ. Գ. ՍՈՐՈԿԻՆ

ՍԵՎՅՈՎՅԱՆ ԵՎ ՀԱՐԱՎԿԱՍՊԻԱԿԱՆ ԻՋՎԱԾՔՆԵՐԻ ՀԱՍԱԿԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ելնելով լիթոսֆերային սալերի տեկտոնիկայի տեսության դիրքերից և հաշվի առնելով այն հանդամանքը, որ Սևծովյան և Հարավկասպիական իջվածքների ենթաօվկիանոսային լիթոսֆերան առաջացել է ուֆտային գոտիներում, իջվածքների հասակը, ըստ հաշվարկների, ստացվում է մոտ 200 մլն տարի: Սևծովյան իջվածքի համար ստացված հին հասակը հաստատվում է նաև նստվածքակուտակման արագությունների վերաբերյալ եղած տվյալներով:

Իջվածքների ժամանակակից փոխադրվածությունը նրանց կից կառույցների հետ արտահայտվում է իջվածքների օվկիանոսային լիթոսֆերայի հետագա կլանմամբ մայրցամաքային բարձրացումների տակ խորասուզվող սուբդուկցիայի դոտիններում: Սուբդուկցիայի երևույթների դանդաղեցումը մայրցամաքային ղանգվածների բախման պատճառով Ալպիական-Հիմալայան գոտու միջին հատվածում, ըստ երևույթին, հնարավորություն է տվել իջվածքներին պահպանվել ժամանակակից տեսքով:

A. N. VARDAPETIAN, O. G. SOROKHTIN

ON THE AGE OF BLACK SEA AND SOUTH CASPIAN BASINS

Abstract

The age of Black sea and South Caspian basins is considered from a position of plate tectonics. The suboceanic type of lithosphere of these basins shows their being generated in the rift zones, consequently,

using the well-known relationship between the ocean original floor depth of occurrence and its age, it is possible to determine the age of basin. Suitable calculations show an age of about 200 mln years, which is in accordance with the Black sea sedimentation velocities data.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамия Ш. А., Гамкрелидзе И. П., Закариадзе Г. С., Лордкипанидзе М. Б. Аджаро-Триалетский прогиб и проблема образования глубоководной впадины Черного моря. Геотектоника, № 1, 1974.
2. Аксенович Г. И., Аронов П. Е., Гагельганц А. А., Гальперин Е. И., Зайончковский М. А., Косминская И. П., Кракишви Р. М. Глубинное сейсмическое зондирование в центральной части Каспийского моря. Изд. АН СССР, М., 1962.
3. Артемьев М. Е. Проблемы изостазии внутренних и окраинных морей территории СССР. Сб. «Земная кора окраин материков и внутренних морей». «Наука», М., 1975.
4. Гамильтон Э. Л. Возраст океанических бассейнов и первоначальные мощности донных осадков. Сб. «Рельеф и геология дна океанов» Изд. «Прогресс», 1964.
5. Горшков Г. П., Левицкая А. Я. Некоторые данные по сеймотектонике Крыма. Бюлл. МОИП, отд. геол., 22, вып. 3, 1947.
6. Земная кора и история развития Черноморской впадины. «Наука», М., 1975.
7. Кругляков В. В., Круглякова Г. И. Строение земной коры и верхней мантии в пределах Южного и Среднего Каспия. В сб. «Земная кора окраин материков и внутренних морей». «Наука», М., 1975.
8. Лобковский Л. И. Квазиупругий изгиб океанической плиты перед зоной поддвига. В сб. «Тектоника литосферных плит (динамика зоны поддвига)» Изд. Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, М., 1976.
9. Макаров Н. Н. К вопросу о формационной принадлежности продуктов магматической деятельности Горного Крыма в связи с их петрохимическими особенностями. Сб. «Вулканизм и формирование минеральных месторождений в Альпийской геосинклинальной зоне». Тезисы докладов к III Всесоюзному вулканологическому совещанию. Изд. Львовского ун-та, Львов, 1969.
10. Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. «Недра», М., 1968.
11. Муратов М. В. История формирования глубоководной котловины Черного моря в сравнении с впадинами Средиземного. Геотектоника, № 5, 1972.
12. Николаев Н. И. Новейшая тектоника Черного моря и проблемы развития земной коры. В сб. «Новейшие тектонические движения и структуры альпийского геосинклинального пояса юго-западной Евразии». «ЭЛМ», Баку, 1970.
13. Расцветаев Л. М. Горный Крым и Северное Причерноморье. В сб. «Разломы и горизонтальные движения горных сооружений СССР». «Наука», М., 1977.
14. Росс Д. Черное море. Геология континентальных окраин. «Мир», М., 1979.
15. Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли. «Наука», М., 1974.
16. Сорский А. А. О причинах отсутствия «гранитного слоя» в осевой части Черного моря и в Южно-Каспийской впадине. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 41, вып. 3, М., 1966.
17. Ушаков С. А., Иванов О. П. Геодинамическая природа нарушений изостазии в Крымско-Кавказском регионе. В сб. «Тектоника литосферных плит (источники энергии тектонических процессов и динамика плит)» Изд. АН СССР, Институт океанологии им. П. П. Ширшова, М., 1977.
18. Ушаков С. А., Галушкин Ю. И., Иванов О. П. Природа складчатости осадков на дне Черного моря в зоне перехода к Крыму и Кавказу. Докл. АН СССР, 233, № 5, 1977.

19. Федынский В. В. Разведочная геофизика. «Недра», М., 1968.
20. Хаин В. Е. Основные черты структуры Альпийского пояса Евразии в пределах Ближнего и Среднего Востока. Ст. 2., Вестник МГУ, № 1, 1969.
21. Хариков Б. А. Новые данные о глубинном строении Прибалханской депрессии и природе формирования складок, развитых в ее пределах. Морская геология и геофизика, вып. 2. «Недра», Л., 1971.
22. Чекунов А. В., Рябцин Л. И. Некоторые вопросы формирования Черноморской впадины и ее геотектонические особенности в неогене и антропогене. Геофизический сборник АН СССР, «Наукова думка», Киев, вып. 39, 1971.
23. Шлезингер А. Е. Черноморская впадина—глубочайший молодой провал на поверхности Земли. Природа, № 5, 1978.
24. Штёклин И. Северный Иран: горы Эльбурс. В кн. «Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса», т. I. «Мир», М., 1977.
25. Юнов А. Ю. О тектонике Апшеронского порога и прилетающей части Южно-Каспийской впадины. В сб. «Новые данные о геологии и нефтеносности Средней Азии и прилегающей территории». ГОСИНТИ, 1961.
26. Dewey J. F., Pittman I. W. C., Ryan W. B. F., Bonnin J. Plate tectonics and the Evolution of the Alpine System. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 84, 10, 1973.
27. Jung D., Kursten M. O. C. and Tarkian. Post-Mesozoic volcanism in Iran its relation to the subduction of the Afro-Arabian under the Eurasian plate. In the „Afar between Continental and Oceanic Rifting“. Int. Un. Comm. Geodyn. Sci. Rep. № 16, Stuttgart, 1976.