

Земная кора Малого Кавказа, офиолиты, вулканизм, нефтегазоносность, сейсмичность

А. В. Арутюнян

Государственный инженерный университет Армении (ГИУА)

Получено 31 марта 2010; опубликовано 5 июня 2010.

Фиксизм или мобилизм:
придерживаться концепции,
или быть простым реалистом?

Результаты исследований сейсмических и плотностных свойств горных пород при высоких термобарических условиях и интерпретация многочисленных геолого-геофизических данных позволили представить петрофизический разрез и эволюцию земной коры территории Армении. На предложенной модели обсуждены следующие взаимосвязанные проблематичные вопросы:

1. Механизмы формирования офиолитов и магматических очагов в пределах земной коры;
2. Происхождение органических и неорганических углеводородов;
3. Причины возникновения сейсмических очагов.

Согласно предложенной модели:

- Офиолиты формируются при протрузивном внедрении серпентинизированных масс по глубинным разломам к верхним горизонтам земной коры. Основным источником их формирования - 3-й серпентинизированный слой океанической коры. Магматические очаги в пределах коры возникают на различных глубинах в процессе дегидратации серпентинизированных масс, но в основном на глубинах 35-40 км. Дегидратация приводит к плавлению как серпентинизированных, так и вмещающих пород.

- Дегидратация пород на различных глубинах приводит к формированию водородосодержащих компонентов, их соединение с углеродосодержащими компонентами приводит к генезису неорганических углеводородов. Основным источником водородосодержащих компонентов считается 3-й серпентинизированный слой океанической коры. Углеводороды органического происхождения формируются при метаморфизации пород морского происхождения в верхних горизонтах коры. Мигрируя по глубинным разломам, органические и неорганические углеводороды смешиваются и накапливаются в породах, обладающих коллекторскими свойствами.

- Сейсмические очаги, наряду с другими причинами, возникают также при протрузивном перманентном внедрении серпентинизированных масс в верхние горизонты, при дегидратации пород, которая сопровождается скачкообразным изменением объемов, и при полиморфных превращениях в минералах, которые сопровождаются как фазовыми переходами, так и скачкообразными изменениями объемов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: земная кора, эволюция, офиолиты, вулканизм, серпентиниты, гидрокарбонаты, дегидратация, полиморфизм

Ссылка: Арутюнян А. В. (2010), Земная кора Малого Кавказа, офиолиты, вулканизм, нефтегазоносность, сейсмичность, *Вестник ОНЗ РАН*, 2, NZ6006, doi:10.2205/2010NZ000024, 2010

1. Состав, строение и эволюция Земной коры

Малый Кавказ расположен на Северо-востоке Анатолийско-Кавказско-Иранского региона. Характерной особенностью земной коры территории является сложное тектоническое строение: наличие глубинных разломов и офиолитовых структур, сейсмичность, вулканизм и т.д. За последние десятилетия были выполнены комплексные геолого-геофизические исследования, которые в определенной степени выявили тектоническое строение и состав земной коры, дислокацию глубинных разломов, механизмы формирования различных геоструктур, особенности вулканизма и т.д. [Асланян, 1959, 1984, Назаретян, 1984 и др.].

Республика Армения расположена, главным образом, в пределах Малого Кавказа, где главными геоструктурами земной коры являются три микроплиты и два офиолитовых пояса (рис. 1.).

Однако, несмотря на существующий геолого-геофизический материал, имеются нерешенные проблематичные вопросы по глубинному строению, составу и эволюции земной коры, по механизму формирования офиолитовых структур, по вулканизму, сейсмотектонике и нефтегазоносности, по пониманию физики сейсмических очагов и т. д.

В настоящей работе сделана попытка коснуться перечисленных вопросов на основании реальных фактических данных, не придерживаясь строго принципов фиксизма или мобилизма.

В глубинах Земли вещество находится при высоких термодинамических условиях, поэтому в последние десятилетия во многих развитых странах особое внимание уделяется исследованиям упруго-плотностных, реологических, магнитно-электрических и других физико-механических свойств горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах.

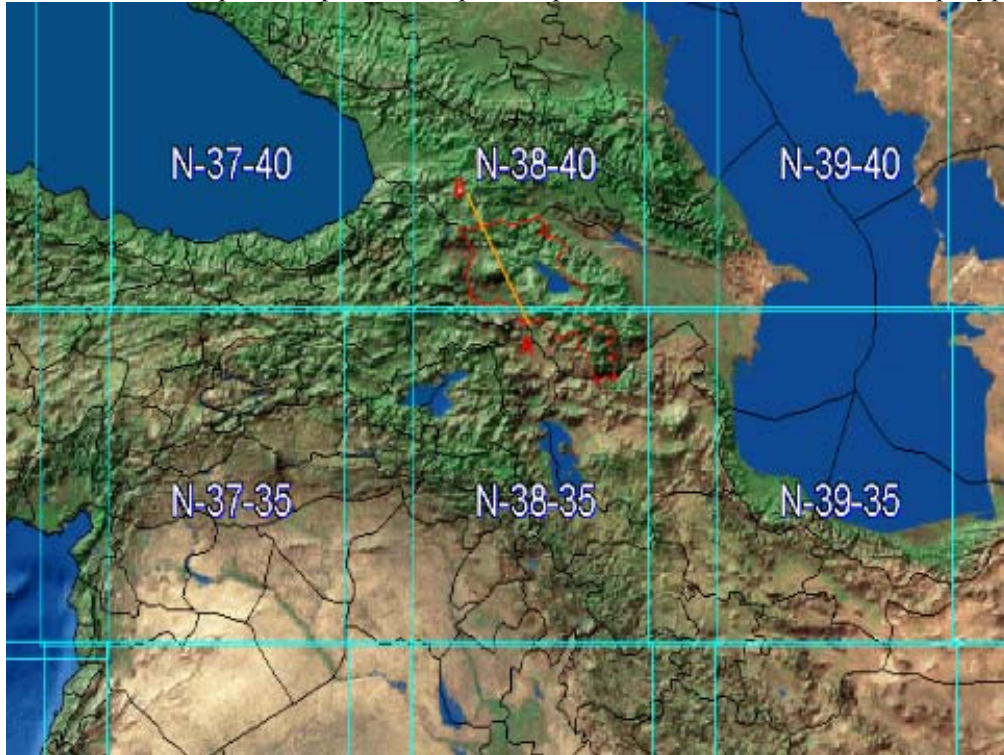


Рис. 1. Расположение территории Армении в Анатолийско-Кавказско-Иранском регионе. Линия АВ – геофизические профили и петрофизический разрез в данной статье представлены по указанной линии, которая пересекает два офиолитовых пояса и Центральный прогиб Армении.

При высоких термобарических условиях были изучены сейсмические и плотностные свойства всех разновидностей горных пород Малого Кавказа. Были выявлены интервалы изменений скоростей сейсмических V_p и V_s волн и плотности при различных термобарических условиях [Асланян и др., 1975, Арутюнян, 1975, Асланян и др., 1976, Асланян и Арутюнян, 1978, 1979 и др.]. На основании полученных результатов более 20-ти геолого-геофизических профилей были интерпретированы. В результате был представлен петрофизический разрез земной коры Малого Кавказа [Асланян и др., 1975, Арутюнян, 1975, 1992]. Представляются некоторые геофизические данные, полученные после Спитакского землетрясения 1988 г.

На территории Армении проводились в большом объеме геофизические исследования, которые выявили неоднородность земной коры [Горитовская 1976, Михальцев А.В. и др., 1990], существование слоев с пониженными (на глубинах 5-13 и 35-50 км) и повышенными (на глубинах 4-6 и 22-35 км) скоростями сейсмических волн. Наличие линзообразных структур с низкой скоростью и плотностью, высокой пластичности и магнитности установлены во многих местах земной коры Малого Кавказа, в том числе, под фокальной зоной Спитакского землетрясения 1988 г. на глубине 35-50 км (рис. 2).

Слой высокой проводимости с толщиной 10-15 км, расположенный на подошве земной коры на глубине 35-50 км, методом МТЗ выявлен Украинскими геофизиками (рис. 3).

Низкоскоростные, низкоплотностные, высокопластичные структуры обладают высокой проводимостью и низкими гравитационными аномалиями [Оганесян, 1977].

На основании геолого-геофизических данных, а также публикаций по формированию земной коры в других регионах Земли [Packham and Falvey, 1971] мы предлагали модель эволюции коры Малого Кавказа от океанической до континентальной коры [Арутюнян, 1992, 1999] (рис. 4).

Вследствие закрытия океанической коры Тетис, под действием движения Аравийской плиты в северо-восточном направлении, низкоплотностные, высокопластичные серпентинизированные ультрабазиты и серпентиниты 3-его слоя океанической коры по глубинным разломам протрузивно внедряются в верхние горизонты коры. В отдельных участках процесс сопровождается частичной дегидратацией серпентинитов с плавлением масс и формированием магматических очагов.

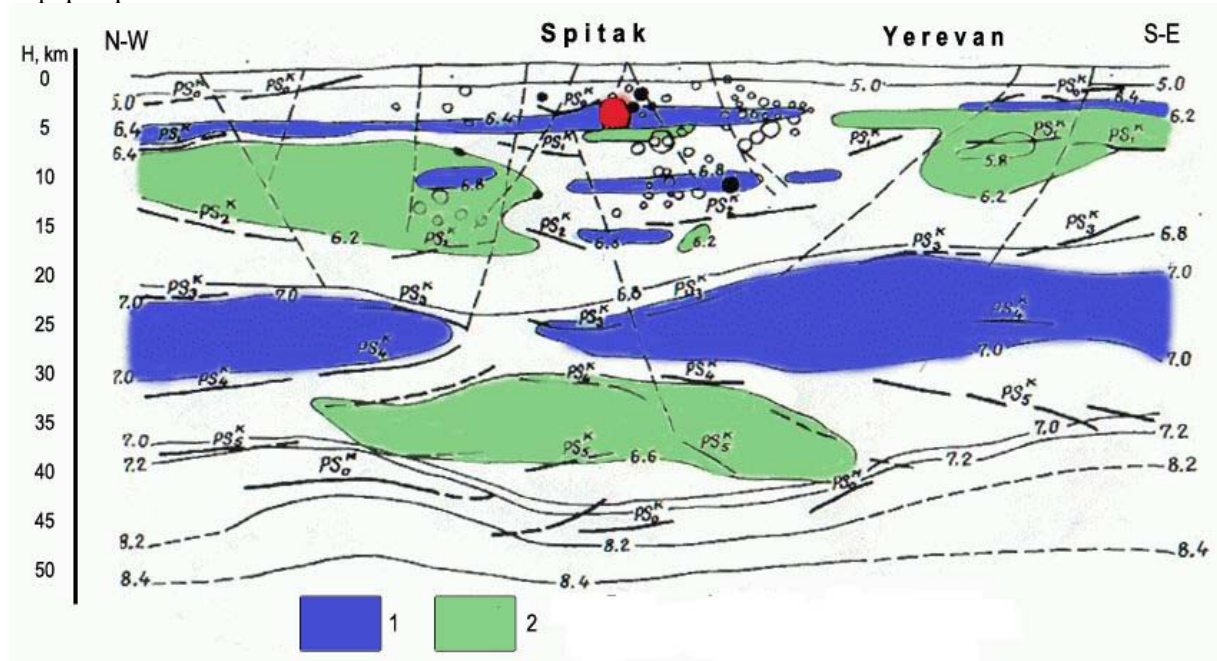


Рис. 2. Сейсмический профиль Армаш-Ахалциха по данным МОВЗ-ГСЗ (Нефтегеофизика 1989) [Михальцев и др., 1990]. 1 – слои с повышенными скоростями сейсмических волн, 2 – слои с пониженными скоростями сейсмических волн.

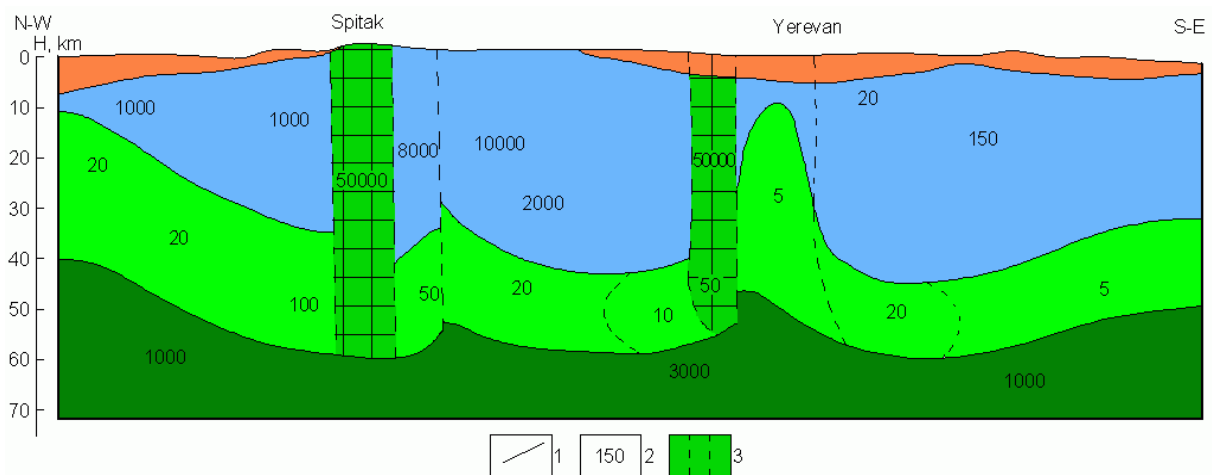


Рис. 3. Геоэлектрический профиль Армаш-Ахалциха по данным МТЗ (Укргеология 1989). 1 – геофизические горизонты, 2 – средние значения проводимости геоэлектрических горизонтов, м/Ом, 3 – зоны глубинных разломов

Выделившиеся при дегидратации водные компоненты взаимодействуют с пироксенами габброидного слоя, который приводит к формированию амфиболитов на указанных глубинах. Часть серпентинизированного слоя в виде линзовидных структур сохранялась в подошве земной коры до настоящих времен.

Над вышеупомянутым серпентинит-амфиболитовым слоем прослеживается габброидный слой, который обладает высокими скоростями сейсмических волн, а над габброидным слоем расположен габбро-диоритовый слой, который образовался вследствие гравитационной дифференциации вулканогенного 2-ого слоя океанической коры.

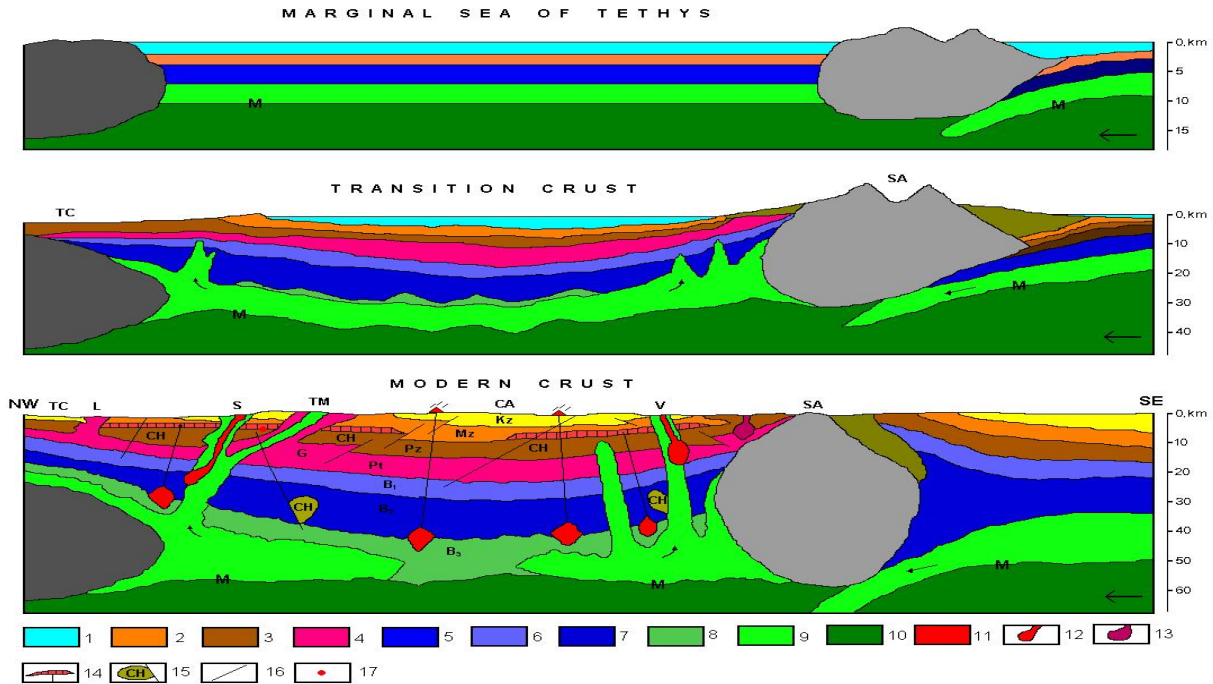


Рис. 4. Состав, строение, эволюция, флюидный режим и генезис органических и неорганических углеводородов в земной коре Малого Кавказа [Арутюнян, 1992, 1999]. 1 – вода; 2 – осадочный слой; 3 – слабометаморфизованный комплекс осадочных слоев; 4 – метаморфизованный комплекс докембрия и нижнего палеозоя (гранитный слой-G); 5 – вулканогенный слой; 6 – габбро-диоритовый слой (B_1); 7 – габброидный слой (B_2); 8 – амфиболит-серпентинитовый слой (B_3); 9 – серпентинизированный слой; 10 – ультрабазиты (верхняя мантия); 11 – вулканические аппараты; 12 – коллизионные вулканисты офиолитов; 13 – гранитоидные интрузии; 14 – покровные структуры; 15 – доменные структуры углеводородов; 16 – разломы; 17 – гипоцентр Спитакского землетрясения 1988 г. TC – Закавказская микроплита, L – Локский массив, S – Севанская офиолитовая зона, TM – Цахкуняцкий массив, CA - Центрально-Армянская микроплита, V - Вединская офиолитовая зона, SA - Южно-Армянская микроплита.

С повышением давления и температуры, вследствие метаморфизации осадочных пород 1-ого слоя океанической коры, происходило формирование метаморфизованного (гранитного) слоя. Над метаморфизованным слоем сформировались осадочно-вулканогенные толщи Мезозой-Кайнозойского возраста.

На предложенной модели эволюции земной коры обсуждались следующие взаимосвязанные проблематичные вопросы: 1. офиолитообразование, их глубинное строение и сейсмические особенности; 2. формирование магматических очагов в пределах земной коры (in situ), сопоставление с островодужным вулканизмом; 3. генезис органических и неорганических углеводородов на различных глубинах, их миграция и накопление в коллекторских породах, формирование нефтегазаносных структур; 4. причины возникновения сейсмических очагов, перманентное протрузивное внедрение серпентинизированных масс, дегидратация пород, полиморфные и фазовые превращения в минералах.

2. Офиолитообразование, формирование магматических очагов в пределах земной коры (in situ)

Главными структурами земной коры в пределах региона являются Эрзинджан-Севанский и Эрзинджан-Вединский офиолитовые пояса. За последние десятилетия подробно изучены взаимоотношение триады слоев океанической коры и вмещающих пород, петрография и химический состав пород и полезных ископаемых и т.д. Составлены геологические карты разных масштабов. Несмотря на проделанную работу, механизм формирования офиолитовых структур остается дискуссионным.

Проблема генезиса офиолитов представляет не только научный, но и большой практический интерес. С одной стороны, это даст представление о составе нижнего "базальтового" слоя земной коры и верхней мантии, с другой стороны офиолиты контролируют самые разнообразные формации [Асланян, 1988]. При изучении офиолитовых зон в разных районах Земного шара была установлена определенная стратиграфическая последовательность залегания пород.

По вопросу о происхождении офиолитовой формации в земной коре Малого Кавказа в настоящее время нет единой точки зрения. Имеются несколько принципиально различных точек зрения по этой проблеме.

Гипотеза аллохтонного размещения офиолитов предполагает первичное формирование офиолитовой ассоциации в океанических бассейнах и последующее их шарьирование на континентальное обрамление [Книппер, 1975].

Гипотеза формирования офиолитовых параавтохтонов предложена [Сатиан, 1981]. Согласно этой гипотезе, на ранней стадии развития происходило утончение континентальной коры при растяжении и воздействии зеркала мантийного диапира. Растяжение континентальной коры приводило к образованию трогов, мантийному диапиризму, образованию разрывов, накоплению глубоководных осадков.

Детальный анализ геолого-структурных, петрографических, петрохимических, минералогических, геохимических и металлогенических особенностей пород Севанской и Вединской офиолитовых зон позволяет автору [Абовян, 1981] рассматривать их как ассоциацию вулканогенно-осадочных габброперидодитовых и габбро-диоритовых комплексов.

Согласно геодинамической модели, представленной в отчете после исследований Спитакского землетрясения 1988г. (1989), на альпийском этапе развития территории Армении в процессе субдукции океанической коры бассейна, разделяющего Закавказскую и Центрально-Армянскую микроплиты, происходило образование аккреционного комплекса который по завершению субдукции океанической коры был выжат на Центрально-Армянскую микроплиту. Такая модель объясняет наличие в основании надвинутого к югу, юго-западу аккреционного комплекса реликтов офиолитовых пород. На представленной схеме вследствие обдукции океанической коры происходило формирование офиолитовых структур Малого Кавказа.

Таким образом, глубинное строение и тектонические условия формирования офиолитовой ассоциации Малого Кавказа во многом еще остается неясным.

Из предложенного петрофизического разреза и эволюции земной коры территории Армении [Арутюнян, 1992, 1999] (рис. 4) становится ясно, что при формировании офиолитовых зон основное значение имели низкоплотные, высокопластичные серпентинизированные породы, расположенные в подошве земной коры. Эти породы, по глубинным разломам, перманентно протрузивно внедрялись в верхние горизонты коры, захватив по пути различных размеров блоки из вышележащих слоев, создавая меланж, широко распространенный в офиолитовых поясах. Вследствие повышения давления и температуры на различных глубинах офиолитовых зон происходила дегидратация пород, которая сопровождалась их плавлением и появлением мелкомасштабных магматических очагов, из которых перманентно происходило извержение магматических масс в верхние горизонты коры. В офиолитовых зонах вулканыты представлены секущими телами, породами основного, среднего, реже кислого состава.

Таким образом, предложенный механизм формирования офиолитовых структур объясняет некоторые фактические данные, присущие офиолитам: формирование меланжа, холодный тектонический контакт между различными слоями, формирование вулканытов, отсутствие отражающих границ по всей глубине, наличие сейсмических очагов по всей глубине в пределах офиолитов (0-50 км), наличие гидротермальных пород и флюидов, низкоскоростные высокопластичные линзообразные структуры в подошве земной коры и т.д.

На территории Армении неоген-четвертичный вулканизм широко развит в пределах Центрального прогиба, который характеризуется также высоким тепловым потоком и отрицательной гравитационной аномалией. Вулканизм имеет островодужный андезито-щелочной характер, который, согласно предложенной модели, обусловлен плавлением при дегидратации пород на отдельных участках на глубинах 30-40 км в пределах Центрального прогиба Армении (см. рис.4).

Петрологические исследования привели авторов работы [*Геншафт и Юханян, 1982*] к выводу, что андезито-базальты Центральной Армении являются переплавленными продуктами габбро-амфиболитов на глубинах 30-40 км. Согласно предложенной модели эволюции земной коры, на этих глубинах расположены серпентинит-амфиболитовые и габброидные слои. Вследствие повышения давления и температуры магматические мелкомасштабные очаги формировались в процессе дегидратации пород в пределах земной коры (*in situ*), из которых происходило перманентное извержение магматических масс в верхние горизонты коры. Ксенолиты в лавах представлены породами габбро, габбро-амфиболитами, серпентинизированными ультрабазитами и т.д. В офиолитовых зонах вулканы представлены секущими телами, породами основного, среднего (андезитовые дайкообразные вулканы), реже кислого состава.

3. Генезис органических и неорганических углеводородов

Нефтеразведочные работы на территории Армении в большом объеме проводились в 60-х и 80-х годах. О перспективах выявления нефтегазоносных структур на территории Армении указывается в работах [*Асланян и др., 1971, Габриелянц и др., 2000, Григорьянц и Попов, 1996*].

На современном этапе развития науки по генезису углеводородов кроме биогенного происхождения широко дискутируется абиогенное (минеральное) происхождение. В работе [*Glasby, 2006*] приведен детальный анализ публикаций по абиогенному происхождению Российско-Украинских специалистов, теория Голда по глубинному происхождению горючих газов, и других специалистов из различных стран. На основании проведенных исследований были открыты месторождения-гиганты нефти и газа в некоторых регионах мира. В различных публикациях генезис углеводородов связывается с верхнемантийными процессами, с магматизмом, процессом серпентинизации и т.д.

Автор с уважением относится к идеям, выдвинутым специалистами, и наряду с этим представляет концепцию о происхождении углеводородов при дегидратации серпентинизированных пород на различных глубинах коры с сопровождением формирования магматических и сейсмических очагов.

Основным источником по генезису водородных компонентов рассматривается 3-й слой океанической коры, который при закрытии погружался с 5-8 км до глубин 35-50 км. При погружении, вследствие повышения термобарических условий, происходила дегидратация серпентинизированных масс с высвобождением водород-содержащих компонентов. Наличие углеродосодержащих компонентов на различных глубинах в виде карбидов, карбонатов, газов является бесспорным фактом. Вследствие химических реакций Фишера-Тропша при высоких термобарических условиях происходило формирование низко- и высокомолекулярных углеводородов. По глубинным разломам, особенно при сеймотектонических процессах, происходила их миграция и накопление в породах, обладающих коллекторскими свойствами.

Согласно представленной модели, также происходило погружение различных слоев морского происхождения, а в дальнейшем их метаморфизация. Генезис органических углеводородов, при определенных термобарических условиях, происходил обычным традиционным путем из органического вещества. Метаморфизованный комплекс на территории Армении представлен метаморфизованными известняками, мраморами, графитизированными сланцами и т. д.

Мигрируя по глубинным разломам, углеводороды органического и неорганического происхождения, а также газы и различные флюиды, выделявшиеся также при дегидратации, смешиваются и накапливаются в коллекторских породах в верхних горизонтах земной коры. По-видимому, этим объясняется сопровождение водяных масс, флюидов и газов различного состава, месторождений углеводородов в различных регионах мира.

При рассмотрении геофизического разреза (рис. 2), слоев с пониженными скоростями на глубинах 5-13 км, нами впервые были рассмотрены как основные нефтегазоносные структуры на территории Армении [Арутюнян, 1992, 1999].

Согласно представленной модели, при дегидратации формирование магматических очагов и углеводородных масс происходит одновременно. Этим можно объяснить наличие углеводородов в изверженных массах во многих регионах мира [Мархинин, 1985].

Известно, что Арабский нефтеносный регион состоит из микроплит, которые разобщены офиолитовыми структурами [Stoeser and Camp, 1985]. Допустимо полагать, что вышеприведенные процессы офиолитообразования, магматизма, генезиса углеводородов происходили в регионе, а также и в других областях Земли, на более раннем этапе геологического времени. Генезисом неорганических углеводородов можно объяснить накопление такого количества углеводородов в регионе (в 1% площади Земли накоплены 64% мировых запасов углеводородов).

4. Протрузивное внедрение масс, дегидратация и полиморфизм в минералах, возможные причины формирования сейсмических очагов, отношение офиолитов и сейсмрайонирования территории Армении

Причины возникновения очагов землетрясений на различных глубинах земной коры разнообразны. В частности, механизмы возникновения очагов землетрясений в регионе Армянского нагорья описываются в работе [Карапетян, 1990].

Рассмотрим некоторые возможные причины формирования сейсмических очагов при закрытии океанической коры. Как уже отмечалось, при погружении серпентинизированных пород 3-го слоя океанической коры, вследствие высокой пластичности и низкой плотности происходит протрузивное внедрение пород по глубинным разломам в верхние горизонты коры. Естественно, что внедрение больших масс происходит permanently и скачкообразно, что может привести к разломообразованию и формированию сейсмического очага. Этим можно объяснить распределение очагов землетрясений в офиолитовых зонах по всей глубине от 5-и до 50-и км.

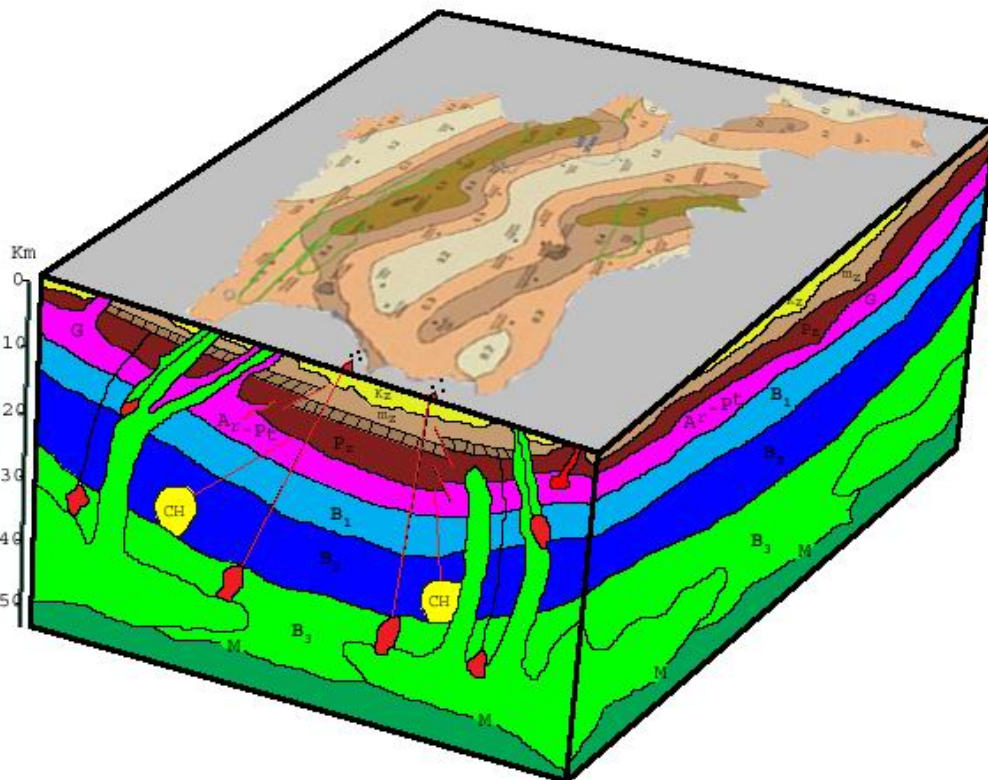


Рис. 5. Блок-диаграмма земной коры территории Армении. На поверхности размещена карта сейсмического районирования Армении [Асланян и др., 1976] (условные обозначения приведены на рис. 4).

Вследствие тектонических процессов, на различных глубинах земной коры происходит повышение давления и температуры, которое приводит к дегидратации пород, при котором, как показывают опыты при высоких термобарических условиях, происходит плавление пород со скачкообразным изменением объемов до 30% [Арутюнян и Бдоян, 1988, Арутюнян и др., 1997]. Большие объемные изменения в процессе дегидратации пород также рассматриваются как причины возникновения сейсмических очагов.

Исследования при высоких давлениях показали, что в некоторых кальцитосодержащих магматических породах, а также в мраморах и мраморизованных известняках, происходят скачкообразные изменения объемов, которые связаны с полиморфными и фазовыми переходами в минерале кальцита [Арутюнян и Левыкин, 1974, Асланян и др., 1976]. Пластически деформированный кальцит по трещинам растекается и расширяет их, происходят большие объемные изменения. Процесс сопоставлен с процессом дилатансии, где роль воды выполняет минерал кальцит. Согласно представленной модели эволюции земной коры кальцитосодержащие породы в большом объеме сконцентрированы в метаморфизованном слое в виде мраморов и мраморизованных известняков на глубинах 10-20 км. Очаги землетрясений сравнительно небольшой силы фиксируются в Центральном прогибе Армении именно на указанных глубинах. Указанный процесс также может сопровождаться разломообразованием как в метаморфизованном, так и в вышележащих слоях коры.

Авторами работы [Balassanian et al., 1999] на основании многочисленных геолого-геофизических работ была представлена детальная карта сейсморайонирования территории Армении. Сопоставление модели эволюции коры и карты сейсморайонирования показало полное совпадение обеих зон наибольшей сейсмической опасности ($a=0.5g$) с офиолитовыми зонами. На основании сопоставления карт сейсморайонирования [Асланян и др., 1976], расположения офиолитовых поясов [Абовян, 1981] и петрофизического разреза [Асланян и др., 1975, Арутюнян, 1975, Арутюнян, 1992, 1999] построена блок-диаграмма земной коры территории Армении (рис. 5) [Harutyunyan and Petrosyan, 2007]. Распределение сейсмических очагов по глубине в Центральном прогибе Армении (10-20 км) и в офиолитовых поясах (5-50 км), выявленные сейсмологическими исследованиями, коррелируется с предложенными нами причинами возникновения сейсмических очагов землетрясений на территории Армении.

Заключение

1. Результаты исследований упруго-плотностных свойств пород при высоких термобарических условиях, а также многочисленные геолого-геофизические фактические данные являлись основой для представления петрофизического разреза и модели эволюции земной коры территории Армении, расположенной в пределах Малого Кавказа.

2. На основе представленного петрофизического разреза и модели эволюции земной коры территории Армении обсуждены следующие взаимосвязанные вопросы:

- Проблема формирования офиолитов.
- Возникновение магматических очагов в пределах земной коры.
- Генезис органических и неорганических углеводородов.
- Причины формирования очагов землетрясений.

3. Основным источником формирования офиолитовых структур являются низкоплотностные, высокопластичные серпентинизированные породы 3-его слоя океанической коры, которые протрузивно внедряются по глубинным разломам в верхние горизонты земной коры, захватывая по пути отдельные блоки из вышележащих слоев.

4. Магматические очаги в пределах коры возникают вследствие дегидратации пород серпентинитов и амфиболитов, в основном в пределах габброидного и серпентинит-амфиболитового слоев. Неоген-четвертичный андезитово-щелочной вулканизм в пределах Центрального прогиба Армении, а также вулканы в пределах офиолитовых структур, связанные с указанными магматическими очагами.

5. Представлен комбинированный генезис углеводородов. Генезис неорганических углеводородов обусловлен выделением водородосодержащих компонентов, основным источником которых считается 3-й слой океанической коры. Органические углеводороды генерируются традиционным путем вследствие метаморфизации вышележащих пород морского происхождения. Миграция по глубинным разломам флюидов, газов и углеводородов

и их дифференциация происходят в верхних горизонтах коры в породах, обладающих коллекторскими свойствами.

6. Причинами возникновения сейсмических очагов являются: а) протрузивное, перманентное внедрение серпентинизированных пород, сопровождающееся разломообразованием, б) дегидратация пород, сопровождающаяся скачкообразным изменением объемов, в) полиморфные превращения в минералах, сопровождающиеся фазовыми переходами и скачкообразными изменениями объемов.

Вышеизложенные результаты охватывают широкий круг вопросов геологии, геофизики и сейсмологии. Результаты представлены для широкого обсуждения специалистами. Дальнейшие исследования автору представляются в тесном сотрудничестве со специалистами из указанных областей науки из разных стран мира.

Литература

- Абовян С. В. (1981), *Мафит-ультрамафитовые интрузивные комплексы офиолитовых поясов Арм. ССР*, Изд-во АН Арм. ССР, Ереван
- Асланян А. Т. (1959), *Региональная геология Армении*, Изд. АН Арм. ССР, Ереван.
- Асланян А. Т. (1984), *История тектонического развития Тавро-Кавказской области*, Изд. АН Арм. ССР, Ереван.
- Асланян А. Т., А. В. Арутюнян (1988), К вопросу о глубинном строении офиолитовых зон Малого Кавказа, *Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле*, № 5, 49-53.
- Асланян А. Т., А. В. Арутюнян, А. И. Левыкин (1976), Об одном возможном механизме возникновения землетрясений, *ДАН Арм. ССР*, 63, № 2, 96-101.
- Асланян А. Т., А. В. Арутюнян (1978), Исследование упругих свойств, плотности и сжимаемости ультрамафитов офиолитовых поясов Армении, *Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле*, №6, 58-68.
- Асланян А. Т., А. В. Арутюнян (1979), Исследование упругих свойств, плотности и сжимаемости серпентинитов офиолитовых поясов Армении при высоких давлениях (до 20кб), *Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле*, №4, 3-14.
- Асланян А. Т., А. Р. Арутюнян, Р. А. Аракелян, Э. Х. Гулян, А. Г. Дурмишьян, В. М. Мурадян (1971), О перспективах нефтегазоносности территории Армянской ССР, *Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле*, № 3, 23-38.
- Асланян А. Т., М. П. Воларович, А. В. Арутюнян, А. И. Левыкин (1975), О составе, строении и упругих характеристиках земной коры и верхней мантии на территории Армении, *ДАН Арм. ССР*, 61, № 3, 152-159.
- Асланян А. Т., М. П. Воларович, А. В. Арутюнян, А. И. Левыкин, А. Т. Вегуни, Л. С. Скворцова (1976), Экспериментальные исследования скоростей упругих волн при высоких давлениях некоторых базитов и ультрабазитов Армении, *Известия АН СССР сер. Физика Земли*, №2, 30-38.
- Арутюнян А. В. (1975), Исследование упругих свойств и плотности базитов и ультрабазитов офиолитовых поясов Армении при высоких давлениях до 20 кб. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Академия наук СССР, Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Москва.
- Арутюнян А. В. (1992), О петрофизическом разрезе верхней литосферы территории Армении, *ДАН Армении*, 93, 183-188.
- Арутюнян А. В. (1999), О механизме формирования углеводородных компонентов в связи с эволюцией земной коры Малого Кавказа, *Известия вузов Российской Федерации. Геология и разведка*, №1, 141-146.
- Арутюнян А. В., А. А. Бдоян (1988), Упругие, плотностные и петрофизические свойства серпентинитов Малого Кавказа при высоких давлениях и температурах, *Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле*, №3, 33-39.
- Арутюнян А. В., А. А. Бдоян, Г. Б. Бабаян, С. Б. Абовян, В.О. Марукян (1997), Исследование процессов дегидратации и минералообразований в ассоциациях горных пород Малого Кавказа при высоких термобарических параметрах. *Известия НАН Армении, Науки о Земле*, №1, 50-54.

- Арутюнян А. В., А. И. Левыкин (1974), Скорости упругих волн и плотность в карбонатных и изверженных кальцитосодержащих горных породах и лиственитах офиолитовых комплексов Армении при давлениях до 20кб, *ДАН Арм. ССР*, 59, №2, 89-96.
- Габриелянц Г. А., К. А. Клещев, В. С. Шеин (2000), Возможно нефтегазоносные бассейны Армении и их углеводородный потенциал, *Изв. НАН РА, Науки о Земле*, № 3, 3-17.
- Геншафт Ю. С., А. К. Юханян (1982), Ксенолиты и мегакристаллы в лавах Гегамского нагорья (Армения), *Физико-химические исследования продуктов глубинного магматизма*, Наука, Москва.
- Григорьянц Б. В., Е. А. Попов (1996), Возможности нефтегазоаккумуляции на территории Армении, *Геология нефти и газа*, № 11, 16-21.
- Горитовская И. В. (1976), Изучение глубинного строения Армении по близким землетрясениям, регистрируемым станциями «Земля», Геофизические поля и сейсмичность. Наука, Москва.
- Карапетян Н. К. (1990), *Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья*, Изд. АН Арм. ССР, Ереван.
- Книппер А. Л. (1975), Океаническая кора и структура Альпийской складчатой области. Наука, Москва.
- Мархинин Е. К. (1985), *Вулканизм*, Москва, Недра.
- Михальцев А. В. и др. (1990), Глубинные геофизические исследования в сейсмически опасных зонах, *Разведка и охрана недр*, №11, 1990, 6-13.
- Назаретян С. Н. (1984), *Глубинные разломы территории Армянской ССР*, Изд. АН Арм. ССР, Ереван.
- Оганесян Ш. С. (1977), Строение земной коры территории Армении, *Изв. АН Арм. ССР. Сер. Науки о Земле*.
- Сатиан М. А. (1981), *Офиолитовые прогибы Мезотетиса*, Изд. АН Арм. ССР, Ереван.
- Balassanian S., A. Martirosyan, S. Nazaretyan, A. Arakelyan, A. Avanesyan, V. Igumnov, E. Ruttener (1999), Seismic Hazard Assessment in Armenia, *Natural Hazard*, 18, 227-236.
- Stoeser D. B., V. E. Camp (1985), Pan African microplate accretion of the Arabian Shield, *Geological Society of American Bulletin*, 96, 817-826.
- Glasby G. P. (2006), A biogenic origin of hydrocarbons: An historical overview, *Resource Geology*, 56, no. 1, 83-96.
- Harutyunyan A. V., H. M. Petrosyan (2007), Relation Between the Composition, Structure, Evolution of Earth Crust and Seismic Zonation of the Territory of Armenia, *5th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering. May, Tehran-Iran*, 125-131
- Packham G. H., D. A. Falvey (1971), A hypothesis for formation of marginal seas in the western Pacific, *Tectonophysics* N2, 79-109.

А. В. АРУТЮНЯН Государственный инженерный университет Армении (ГИУА) Факс: +374-10-545843, тел. +374-10-563520, e-mail: avhk@seua.am