

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© Г.В.Мустафаев, 2009

К ВОПРОСУ О ПЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ КУРИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Г.В.Мустафаев

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

На примере Куринской впадины объясняется причина образования глубинных, рифтогенных прогибов, вызванного эклогитизацией базальтов и габбро. В результате эклогитизации плотность новообразований резко превышает таковую окружающих пород, что приводит к погружению их в мантию и образованию прогибов. На этот процесс влияет также боковое давление, вызванное движением Аравийской плиты в СВ направлении, в сторону Куринской впадины. В результате в межпрогибных пространствах преобладают восходящие движения, образующие горсты, купола и др., в которые внедряются относительно легкоплавкие фракции магмы. Расслоение коры — результат гравитационного разделения вещества магмы. Однако на количество выделенных слоев и качество петрологической интерпретации влияет не только сложность их выделения, но и определенный субъективный подход исследователей. Высказывается мысль о необходимости унификации как применяемых методических приемов геофизических исследований, так и петрологической интерпретации полученных данных.

Введение. Куринская впадина располагается между мегазонами Большого и Малого Кавказа, является одной из крупных межгорных структур Альпийского складчатого пояса и простирается вместе с Рионской впадиной от Каспийского до Черного морей. Наличие огромных мощностей молассов и отсутствие естественных обнажений, начиная с 70-годов прошлого столетия, послужили причиной расширения бурения глубоких поисково-разведочных скважин и изучения магматических образований Куринской впадины, а позже и Саатлинской сверхглубокой скважины, достигшей глубины 8324 м. Полученный новый материал способствовал проведению подробных исследований магматических пород Куринской впадины. Были опубликованы работы, посвященные петролого-геохимическим особенностям вулканических пород Куринской впадины, а также результатам исследований керна Саатлинской скважины СГ-1 (Саатлинская сверхглубокая, 2000).

Куринская впадина вместе с Вандамским поднятием на севере и Лок-Гарабагской зоной М.Кавказа до юрской складчатости на юге со-

ставляла единое целое (Шихалибейли, 1996). В продольном направлении, начиная от Транскавказского поперечного поднятия на западе, в направлении Каспийского моря, на восток, фундамент Куринской впадины обнаруживает ступенчатое опускание. Такое же ступенчатое погружение происходит в направлениях от Большого и Малого Кавказа к центру Куринской впадины.

Куринская впадина расчленяется на три автономные структуры: Верхнекурунскую, Среднекурунскую и Нижнекурунскую. Верхнекурунская впадина охватывает ее СЗ часть, прослеживаясь от Дзирульского массива до Мартобского поднятия на меридиане г. Тбилиси. С севера и юга граничит с Кахетинской и Триалетской горными системами. Среднекурунская впадина размещается юго-восточнее, вплоть до Талыш-Вандамского погребенного поднятия на меридиане г.Кюрдамир. С северо-востока и юго-запада данная впадина ограничивается соответственно южным склоном Большого Кавказа и северо-восточным Малого Кавказа. Нижнекурунская впадина протягивается от Талыш-Вандамско-

го погребенного поднятия, или зоны Западно-Каспийского разлома, до южного Каспия. С северо-востока и юго-запада впадина ограничивается Алятской грядой и Талышскими горами. По геофизическим данным доальпийский фундамент Куринской впадины ступенчато погружается с СЗ на ЮВ по направлению к Каспию с утонением коры от 45-50 до 35-38 км при выклинивании "гранитного" слоя, по Э.Ш. Шихалибейли, вплоть до полного его исчезновения в пределах Южнокаспийской впадины. В пределах Среднекуринской впадины в западной ее части распределение скоростей с глубиной нормальное, а в восточной части, на глубинах 15-20 км, обнаруживается высокоскоростной пласт ($V_{пл}=7,5$ км/с). Ниже этого слоя скорость сейсмических волн резко падает до 6,0-6,6 км/с, а в нижней части коры данного участка залегает слой с $V_{пл}=6,9-7,0$ км/с, являющийся по Г.В.Краснопевцевой (1984) нормальным «базальтовым» слоем Кавказского региона.

Публикаций по результатам геофизических исследований очень много, в одной статье невозможно охарактеризовать многолетние исследования по геофизике, проведенные различными специализированными организациями и ведущими учеными-геофизиками, перечисление только имен которых заняло бы весь объем статьи.

Задача же настоящей статьи заключается в освещении только трех вопросов, касающихся не только Куринской впадины:

1. И.А.Резанов и В.И.Шевченко (1984) отмечают, что «консолидированная часть земной коры под глубокими геосинклинальными прогибами пронизана интрузиями ультраосновных пород». Расчеты показывают, что наличие факта утяжеления коры, связанного с образованием этих интрузий, недостаточно, чтобы объяснить наблюдаемое опускание геосинклинальных прогибов действием изостатического механизма. Предполагается, что образование этих прогибов связано с какими-то другими, более мощными силами «неизостатической природы».

2. Э.Ш.Шихалибейли (1996) ставит вопрос: «Почему в прогибах, где доальпийский фундамент опущен на более чем 10 км, происходит внедрение мантийных магматитов с глубины 100 км до 11-12 км от поверхности с

созданием рифтогенного прогиба, а в другом случае – подъем всех слоев земной коры, вплоть до альпийского фундамента?»

3. О раслоенности земной коры и мантии и причине выделения разными авторами разных количеств слоев.

Все три вопроса так или иначе переключаются, взаимосвязаны, и ответы на них соответственно также взаимосвязаны.

К петрологической интерпретации геофизических данных

По первому пункту. И.А.Резанов и В.И.Шевченко рассмотрели возможные два варианта образования прогибов. Первый – образование геосинклиналей и вообще прогибов под давлением веса накопленных отложений. Этот в свое время широко распространенный вариант подробно рассматривался Шейдеггером (1987), а еще ранее и другими учеными, в том числе И.А.Резановым и В.И.Шевченко (1984). Все расчеты указывают на то, что дополнительная нагрузка на кору и мантию не может образовать такие глубины и, соответственно, обусловить накопление многокилометровых отложений.

Второй вариант – это внедрение ультраосновных пород (мантийного вещества) в земную кору. Поскольку плотность внедрившегося материала примерно равна плотности материала мантии, то, по И.А.Резанову и В.И.Шевченко, это приводит лишь к утолщению коры. Появление в земной коре мощных метасоматических тел ультраосновного состава не может привести к образованию глубоких прогибов. В случае же протрузий ультраосновных пород никакого прогиба вообще не образуется.

Причин, обуславливающих прогибание отложений с образованием рифтогенных структур, несколько – это может быть растяжение, наиболее часто происходящее и часто предполагаемое специалистами; результат конвекции мантийных струй; внедрение диапиров, нарушающих изостатическое равновесие и др. Но одним из обстоятельств, доказанных как экспериментально в лабораторных условиях, так и наблюдаемых на обнажениях на дневной поверхности, является процесс эклогитизации, который развит, ве-

роятно, более широко, чем представляется. Авторы правильно проанализировали ситуацию и были близки к ее решению, но почему-то не использовали результаты исследований крупнейших экспериментаторов Д.Х.Грина и А.Э.Рингвуда (1968), посвященных изучению перехода габбро и базальта в эклогит и применению этих данных в петрологии и геофизике.

Согласно определению Д.Х.Грина и А.Э.Рингвуда (1968), эклогит – порода, состоящая из ассоциации минералов гранат + моноклинный пироксен (при этом отмечается омфацитовый характер моноклинного пироксена) и не содержащая плагиоклаз. По химическому составу эклогиты аналогичны базальту. Типоморфным минералом эклогитов является гранат. Минеральный состав эклогита, как породы, может быть выражен таким образом: гранат+пироксен+кварц. Средняя плотность эклогита – $3,5 \text{ г/см}^3$, но достигает и значений $3,66 \text{ г/см}^3$, она больше плотности ультраосновных пород мантии (преобладающе перидотитов), средняя плотность которых составляет $3,3 \text{ г/см}^3$. Скорость распространения сейсмических волн в эклогите превышает 8 км/сек . Как отмечают Д.Х.Грин и А.Э.Рингвуд, переход габбро, по химическому составу отвечающего базальту, и базальта в эклогит имеет важное значение при процессе орогенеза, формировании островных дуг, океанических хребтов. Согласно авторам, переход базальта в эклогит может быть причиной огромных тектонических напряжений, способных вызвать орогенез. На первой стадии орогенического цикла и роста континентов возникают крупные массы базальта. В таких регионах геотермы находятся на высоких уровнях. По окончании вулканической активности геотермы опускаются в более глубокие части базальтовых масс, где при соответствующих давлениях и температуре способствуют превращению их в эклогит. Поскольку плотность эклогита больше плотности ультраосновных пород, он погружается в мантию. На раннем этапе это погружение происходит медленно и образуется геосинклиналь. На поздней стадии погружение приводит к деформации земной коры и складкообразованию. В конечном итоге погружающиеся тела эклогитов достигают такой глубины в мантии,

где высокая температура обуславливает частичное плавление эклогита, что может привести к образованию андезитовой и гранодиоритовой магмы, которая будет подниматься в высокие слои земной коры (Грин, Рингвуд, 1968). Кстати, надо отметить, что в магматизме альпийского этапа развития Куринской впадины и особенно примыкающей к ней северо-восточной части Малого Кавказа андезиты и кварцевые диориты получили широкое развитие. В последующем Б.Г.Лутц и др. (1971) выделили коровые и мантийные эклогиты и ряд переходных пород, характеризующихся различными скоростными, температурными и другими параметрами.

Анализируя все возможные варианты образования земной коры, Д.Х.Грин и А.Э.Рингвуд пришли к выводу, что нижняя часть коры состоит из пород промежуточного состава, относящихся к эклогитовой фации и могущих содержать, вероятно, наряду с гранатом и жадеитовым пироксеном также кварц и щелочной полевой шпат, которые являются устойчивой минеральной ассоциацией. Однако нижняя часть коры не является «сухой» системой, поскольку присутствуют пары воды. При избытке флюидов и большей проницаемости базальтов должны были бы образоваться фации глаукофановых и зеленых сланцев, которые при температуре в 400 градусов превратились бы в амфиболиты. Если температура низов коры достигала $600-1000$ градусов, то амфиболиты могли перейти в пироксеновые гранулиты, затем в эклогиты. В метаморфических процессах формирования эклогитов отмечается (Симонов и др., 2008) высокая роль водно-солевых флюидов с содержанием преимущественно хлорида натрия до $6-12 \%$.

Одним из примеров такого процесса может служить эклогитизация палеопротерозойских базитовых даек в восточной части Беломорского подвижного пояса, исследованных В.М.Козловским и Л.Я.Арановичем (2008). В Красногубском дайковом поле, где установлены интрузии габбро-норитов, внедрившихся в обстановке растяжения, и дайки железистых («гранатовых») габбро – в обстановке сжатия, согласно названным авторам железистые габбро эклогитизированы полностью, а габбро-нориты – вдоль сдвига-

вых деформаций. Авторы отмечают, что сдвиговые деформации способствуют ускорению хода химических реакций, в результате чего в зоне сдвига существенно возрастает интенсивность метаморфических процессов. По мере удаления от зоны сдвига интенсивность метаморфизма падает. Авторами установлен также важный для решения нашей задачи факт о том, что эклогитизация базитов (габбро-норитов), образованных на рифтогенном этапе, происходила лишь вдоль линейных сдвиговых зон, сформированных в период сжатия.

Экстраполируя результаты указанного процесса в древнейших образованиях коры на ультрабазиты Куринской впадины, можно лучше понять механизм формирования эклогитов или эклогитизации ультрабазитов и более достоверно осветить геофизические данные в регионе.

Весьма интересной в связи с решением поставленной задачи является повторная интерпретация сейсмического профиля ГСЗ №13 Сухуми-Масаллы вдоль Предмалокавказского прогиба (рис.1), проведенная Е.П.Барановой, Г.В.Краснопевцевой и Н.И.Павленковой (1980). Авторами под наиболее глубоким в Куринской впадине Евлах-Агджабединским прогибом установлено высокоско-

ростное тело мощностью 16 км.

Оно интересно тем, что значение скорости сейсмических волн у кровли этого тела составляет 7,6 км/с, а в подошве – 8,0 км/с. Под этим высокоскоростным телом скорость сейсмических волн понижается до 7,0 км/с, вновь возрастая до 8,1 км/с на границе Моховича. Авторы считают, что это тело сложено ультраосновными породами. Анализировавшие эти данные И.А.Резанов и В.И.Шевченко (1984) согласны с интерпретацией авторов. Аналогичные высокоскоростные тела, но меньшего масштаба установлены и в западном продолжении Куринской впадины, и восточном, а также на глубине 20 км и глубже. Согласно авторам, эти высокоскоростные тела – самостоятельные образования, представленные ультрабазитами, они не образуют сплошного слоя и присущи только прогибам; в поднятиях высокоскоростные тела отсутствуют. Более того, они не связаны непосредственно с образованием Куринской впадины, поскольку Куринская впадина – наложенная структура, образованная на орогенной стадии развития.

Серия частных глубинных прогибов, по образному выражению И.А.Резанова и В.И.Шевченко, «нанизана», на первоначальный глубинный разлом (рис.2).

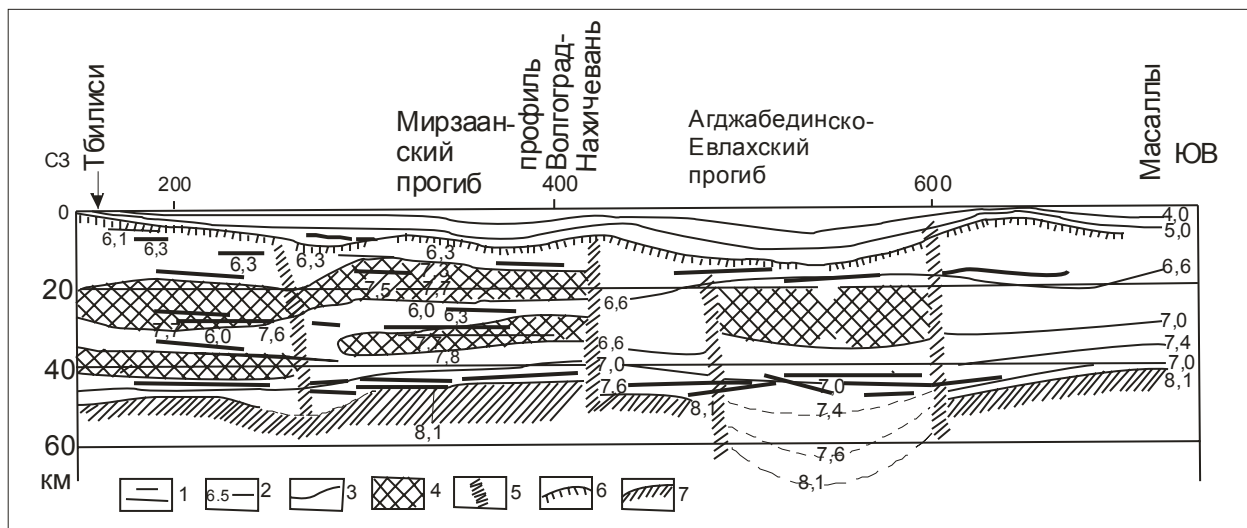


Рис. 1. Сейсмический разрез вдоль Куринской впадины по профилю Сухуми-Масаллы (по Барановой, Краснопевцевой, Павленковой, 1980).

1 – отражающие площадки; 2 – преломляющие границы с граничной скоростью, км/с; 3 – изолинии скорости, км/с; 4 – зоны повышенных скоростей; 5 – нарушения по сейсмическим данным; 6 – поверхность фундамента; 7 – границы Моховича

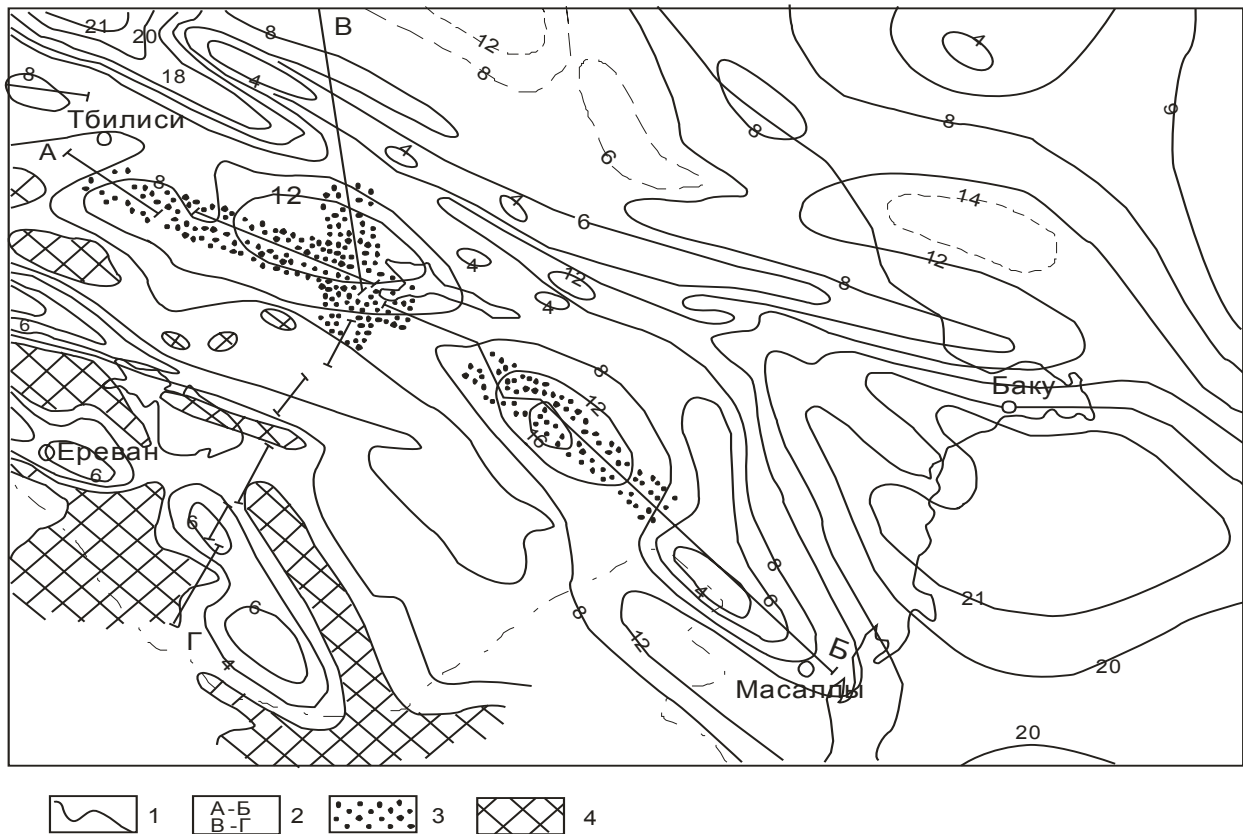


Рис. 2. Структурная схема Куриной впадины Закавказья по подошве альпийского складчатого комплекса (По Резанову, Шевченко, 1984).

1 – изолинии глубин, км; 2 – сейсмические профили Сухуми-Масаллы (А-Б) и Волгоград-Нахичевань (В-Г); 3 – участки сейсмических профилей, на которых в земной коре обнаружены высокоскоростные тела; 4 – выходы доальпийского основания на дневную поверхность

Здесь уместно напомнить, что в Беломорском подвижном поясе в палеопротерозойских базитовых породах эклогитизация также происходила по разлому, вдоль сдвиговых деформаций. И.А.Резанов и В.И.Шевченко предполагают, что высокоскоростные тела представлены, вероятнее всего, ультрабазитами. Однако при равной плотности внедрившегося в кору вещества мантии и окружающих пород впадина образоваться не может, внедрение приведет лишь к утолщению коры. В профиле, приведенном Е.И.Барановой и др. (1980), скорость в подошве тела под Агджакенд-Евлахским прогибом, достигающая 8,0 км/с, может быть результатом эклогитизации, которая по мере продвижения вверх по вертикали постепенно ослабевает, а скорость волн, соответственно уменьшаясь, резко падает до 6,6 км/с при переходе в неизменные разности пород. Судя по приведенному

профилю, ниже подошвы высокоскоростного тела скорость сейсмических волн также падает, постепенно повышаясь с приближением к границе Мохо, и достигает мантийного уровня. Ввиду высокой плотности эклогитов, этот блок будет постепенно опускаться, образуя глубокий прогиб, в котором накапливаются многокилометровые вулканогенно-осадочные образования.

По второму пункту. «Почему в прогибах, где доальпийский фундамент опущен, происходит внедрение мантийных магматитов с глубин к поверхности с созданием рифтогенного прогиба, а в другом случае – подъем всех слоев земной коры вплоть до альпийского фундамента?» (Шихалибейли, 1996). Справедливо полагая, что это результат двух различных процессов как по времени, так и по происхождению, автор отмечает, что Карадонлу-Билясуварский горст с мантийным маг-

магматизмом с избыточной плотностью 0,2 (вероятно, перидотиты) располагается в пределах Талыш-Саатлы-Кюрдамирского гравитационного максимума. Другими словами, констатируется наличие гравитационного максимума, обусловленное внедрением мантийных магматитов, но не дается ответа на поставленный самим Э.Ш.Шихалибейли вопрос: почему внедряются мантийные магматиты до 11-12 км от поверхности и при этом не образуются рифтогенные прогибы?

Интерпретируя гравитационные исследования Н.Г.Аскерхановой, Ф.А.Кадырова и их сотрудников по моделированию вдоль профиля ГСЗ № 3, Э.Ш.Шихалибейли (1990, 1996) отмечает, что указанными авторами выявлено поднятие кристаллического фундамента до глубины 4 км от поверхности на расстоянии 160 км от Билясувара до Карадонлу. Поверхность «базальтового» слоя на этом участке находится на глубине 12 км, а западнее Билясувара – на глубине 22 км. Этот факт Э.Ш.Шихалибейли объясняет наличием Предталышского разлома, опустившего севернее расположенный Саатлинский блок. Как видно из данного им объяснения, речь идет о тектоническом смещении части блока, но не об образовании прогиба. Это чисто дизъюнктивный процесс, и на вопрос, почему образуются рифтогенные прогибы и в них фиксируются ультрабазиты, а в поднятиях – менее кислые магматические породы, не отвечает.

Рассматривая данный вопрос, И.А. Резанов и В.И. Шевченко отмечают, что внедрение ультрамафитов или их подъем исследователи объясняют раздвигом, растяжением, аналогичными процессу, происходящему в срединно-океанических хребтах. Это объяснение указанные авторы не принимают. Действительно, для таких раздвигов в глубинных условиях, да и в малых объемах тел, в пределах отдельных разобщенных разломами блоках нет необходимых условий и пространства. А внедрившиеся в земную кору мантийные породы – перидотиты не могут образовывать рифтогенные прогибы ввиду сходных плотностей отложений и внедрившихся магматитов.

По данному вопросу можно предложить следующую модель. Мантийное вещество в виде перидотитов и других ультрабазитов, внедряясь по разломам или раздроб-

ленным в результате сдвиговых процессов участкам в кору (преобладающе в нижнюю часть), в зависимости от интенсивности этих процессов может подвергаться метаморфизму и эклогитизации с полным превращением в эклогиты. Естественно, эти процессы будут наиболее активны на тех участках разломных зон, которые наиболее благоприятны в тектоническом отношении. Это обуславливает дискретность распределения этих измененных участков, разорванность их по простиранию. В дальнейшем в результате резких превышений плотности новообразований эти участки будут погружаться глубоко в мантию. Этот процесс в данном конкретном случае сопровождается также боковым давлением. Известно, что Куринская впадина располагается между Аравийской плитой и Евразийской платформой. О том, что в Куринской впадине породы испытывают интенсивное боковое давление, могут свидетельствовать современные GPS-измерения (Kadırov and others, 2008) скоростей горизонтальных движений Малого Кавказа в северо-восточном направлении, в сторону Куринской впадины (рис.3), достигающих 20 мм/год (Reilinger and others, 2006). Можно полагать, что эти значения скоростей в течение длительного периода менялись на меньшую или большую цифру, но главное, что это давление практически существовало с начала орогенических процессов в течение всего периода формирования региональных структур, и в частности самой Куринской впадины. Следует отметить, что пространства между новообразованными прогибами также испытывали воздействия сжатия. Поскольку вниз, в мантию, доступ из-за плотности пород менее доступен, то основное воздействие направлялось на выжимание материала вверх, с образованием поднятий, куполов, горстов, куда внедрялись более легкие фракции магмы среднеосновного, иногда и кислого состава. Таким образом, магматизм проявляется и при нисходящих, и при восходящих движениях, но состав магматического вещества резко меняется в зависимости от геодинамической обстановки, степени интенсивности проявления метаморфизма, от степени насыщенности магм флюидами и, возможно, других, не учтенных в данной статье причин.

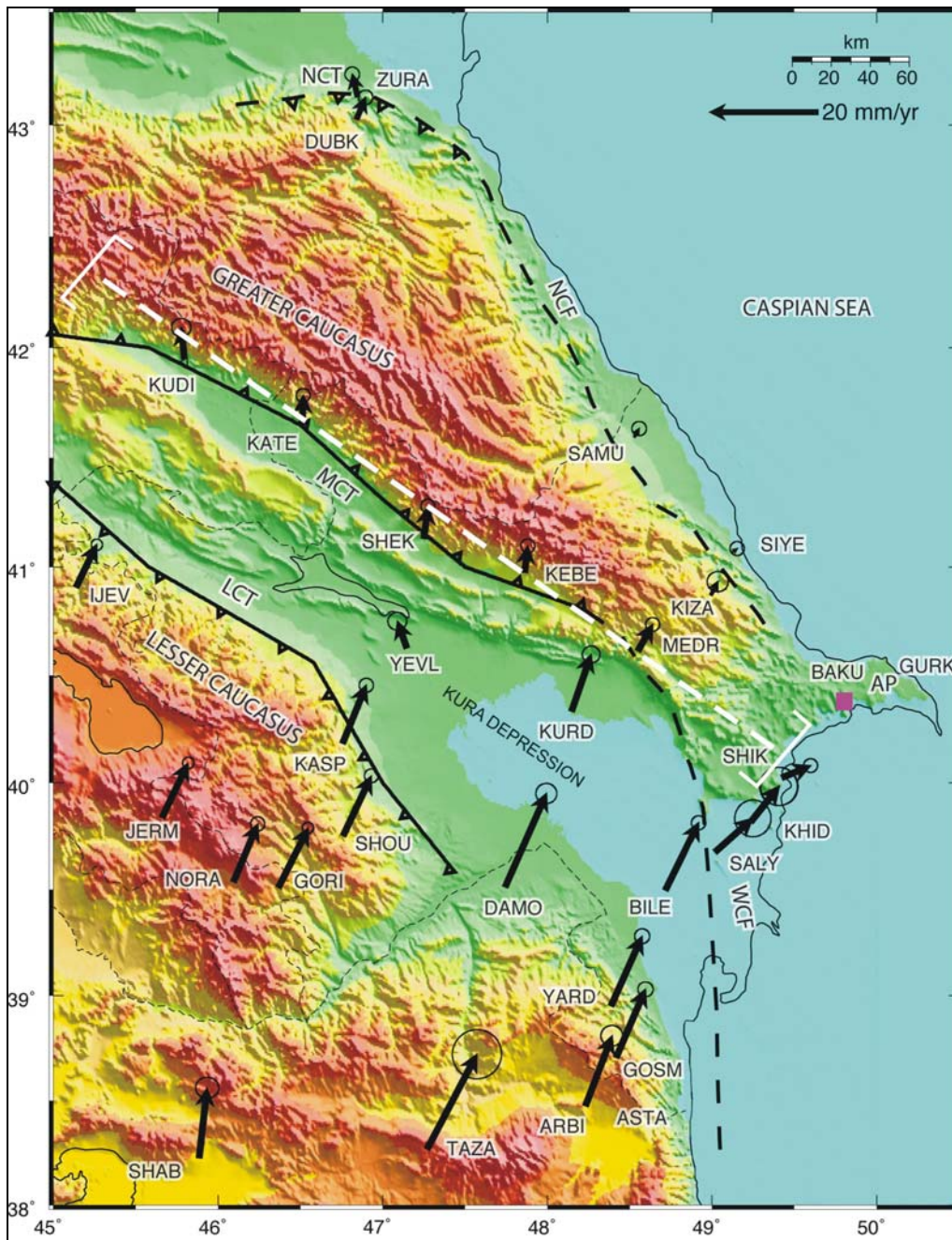


Рис 3. Азербайджанская GPS-геодинамическая сеть. Кружочки показывают точки измерения, квадрат – непрерывно работающую GPS-станцию Института геологии НАН Азербайджана, Баку; стрелки – направления сжимающего воздействия (Kadirov and other, 2008)

По третьему пункту. Расслоенность коры и литосферы, в целом обоснованная градиентами скоростей сейсмических волн, освещена во многих работах. В пределах Нижнекуринской впадины, внутри блоков коры, градиенты скорости также различны. Это обусловлено расслоенностью коры, возможно, и мантии, освещенной в работах многих исследователей.

В вертикальном плане геофизический разрез Куринской впадины представляется как чередование высоко- и низкоскоростных слоев. При этом по мощности преобладают высокоскоростные слои, в результате создается в целом высокий скоростной уровень земной коры Закавказья (Краснопевцева, 1984). При этом в средней части коры ус-

тановлен сравнительно однородный слой. Кровля земной коры на глубинах 15-18 км с $V_{\text{пл}}=6,9-7,2$ км/с имеет четкие границы, соответствующие границе Конрада, а нижняя толща коры над границей М – «самая неоднородная по скоростным параметрам». В южной части Нижнекуринской впадины наблюдаются пониженные скорости; на северной же, наоборот, прослежены высокие скорости (7,4 км/с) сейсмических волн. Кстати, по данным некоторых исследователей (Э.М.Шекинский, М.М.Раджабов) базальтовый слой на Кавказе сложен не массивными магматическими базальтами, а слоистыми кристаллическими сланцами. Вероятно, изменение скоростей есть отражение гетерогенности состава слагающих слоёв пород.

Блоково-слоистое строение земной коры геологами принимается однозначно. Блоковое строение Кавказа в целом и отдельных крупных структур описано многими исследователями. Что же касается расслоенности коры тех или иных регионов, что является результатом гравитационной дифференциации магматического вещества, то этому тоже имеются многочисленные примеры, непосредственно наблюдаемые в полевых условиях на дневной поверхности и по материалам бурения. К ним можно отнести расслоение доальпийского фундамента в Дзирульском массиве (Гамкрелидзе, Шенгелия, 2005), выделение контрастной мезозойской базальт – риолитовой формации на Малом Кавказе на альпийском этапе развития (Абдуллаев 1963), материалы Саатлинской сверхглубокой скважины СГ-1 и др.

Сложность петрологической интерпретации данных ГСЗ обусловлена не только объективными причинами, но также тем, что она зависит от выбора авторами скоростных моделей. Например, О.К.Литвиненко (1983) приводятся разрезы по профилю через Воронежский массив, составленные С.Чамо по системе условных годографов, полученных по ряду коротких осей синфазности. Ю.Г.Юров методом окружностей построил площадки, тяготеющие к двум опорным горизонтам на данном профиле со скоростью 7,0 и 8,1 км/с. Н.И.Павленковой и Т.В.Смелянской построены все отражающие площадки методом полей времени без их группировки в горизонте и

проведены изолинии скоростей. По общей закономерности изменения скорости с глубиной модели мало различаются, но, по О.К.Литвиненко, они по-разному рисуют земную кору: в одном случае она монослойна, в другом – двухслойна, в третьем – как в коре, так и в мантии вырисовываются локальные структуры и тела. Согласно Э.Ш.Шихалибеги (1996), по одному сейсмическому профилю Волгоград – Нахчыван имеются три варианта интерпретации трех разных групп авторов.

Такой подход к фактическому материалу значительно усложняет работу петрологов по геологической интерпретации геофизических данных.

Заключение

Подытоживая приведенный материал, можно высказать следующее.

1. Если для образования глубинных прогибов, как отмечают исследователи, необходимо участие более мощных сил «неизостатической природы», то такими силами могут быть метасоматические процессы, приводящие к образованию эклогитов – пород с более высокой плотностью, чем у ультрамафитов, что обуславливает их погружение в мантию с формированием глубинных прогибов.

2. Формирование прогибов, в частности в Куринской впадине, сопровождалось интенсивным боковым давлением, вызванным северо-восточным передвижением Аравийской плиты. Это давление испытывало и вещество межпрогибных пространств, подвергаясь восходящему движению в верхние слои коры ввиду ограниченной возможности движения в низшие слои из-за высоких их плотностей. При этом выжимались относительно легкие фракции магмы. Таким образом, магматизм проявляется независимо от морфологии структуры, но вещественный состав магматов резко различается в зависимости от геодинамических условий их проявления.

3. Предлагается разработать единую шкалу соответствия сейсмических данных определенным петрологическим параметрам (типам пород). Это позволило бы в определенной степени унифицировать геолого-геофизическую интерпретацию фактических данных.

Автор выражает благодарность член-

корр. НАНА Ф.А.Кадырову за ознакомление с рукописью данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- АБДУЛЛАЕВ, Р.Н. 1963. Мезозойский вулканизм северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. АН.ССР. Баку. 228.
- БАРАНОВА, Е.П., КРАСНОПЕВЦЕВА, Г.В., ПАВЛЕНКОВА, Н.И. 1980. Повторная интерпретация сейсмического профиля Сухуми-Масаллы. В кн.: *Сейсмическая модель литосферы основных структур территории СССР*, Наука, Москва, 184.
- ГАМКРЕЛИДЗЕ, И.П., ШЕНГЕЛИА, Д.М. 2005. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. Научный мир. Москва. 458.
- ГРИН, Д.Х., РИНГВУД, А.Э. и др. 1968. Петрология верхней мантии. Мир. Москва. 334.
- КОЗЛОВСКИЙ, В.М., АРАНОВИЧ, Л.Я. 2008. Геолого-структурные условия эклогитизации палеопротерозойских базитовых даек восточной части Беломорского подвижного пояса. *Геотектоника*, 4, 70-84.
- КРАСНОПЕВЦЕВА, Г.В. 1984. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. Наука. Москва. 107.
- ЛИТВИНЕНКО, О.К. 1983. Геологическая интерпретация геофизических данных. Недра. Москва. 208.
- ЛУТЦ, Б.Г., ТИМОШЕНКО, И.С., АКИМОВ, А.П., ГАЛДИН, Н.Е. 1971. Парагенетический анализ минеральных ассоциаций глубинных пород, скорости распространения в них упругих волн при высоких давлениях. В сб.: *Природа сейсмических границ в земной коре*. Наука, Москва, 66-77.
- РЕЗАНОВ, И.А., ШЕВЧЕНКО, В.И. 1984. Глубинное строение геосинклинального трога в Закавказье (по сейсмическим данным). *Геотектоника*, 6, 33-38.
- СААТЛИНСКАЯ СВЕРХГЛУБОКАЯ СГ-1. 2000. Nafta-Press. Баку. 288.
- СИМОНОВ, В.А., САКЦЕВ, К.С., ВОЛКОВА, Н.И. и др. 2008. Условия формирования эклогитов Аташинского хребта (Юж. Тянь-Шань). *Геология и геофизика Сиб.отд. РАН*, 49, 11, 1067-1083.
- ШЕЙДЕГГЕР, А. 1987. Основы геодинамики. Недра. Москва.
- ШИХАЛИБЕЙЛИ, Э.Ш. 1996. Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. Элм. Баку. 215.
- ШИХАЛИБЕЙЛИ, Э.Ш., АСКЕРХАНОВА, Н.Г., КАДИРОВ, Ф.А., КАДЫРОВ, А.Г. 1990. Гравитационное моделирование вдоль профиля ГСЗ № 3 Пойлу – Масаллы. *Изв.АН Азерб, сер.н. о Земле*, 2, 107-110.
- KADIROV, F., MAMMADOV, S., REILINGER, R., McCLUSKY, S. 2008. Some new data on modern tectonic deformation and active faulting in Azerbaijan (according to Global Positioning System Measurements). *Proceedings Azerbaijan National Academy of Sciences. The Sciences of Earth*, 1, 82-88.
- REILINGER, R.S. and 22 others. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res.*, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.