

© Коллектив авторов, 2018

УДК 550.382

*Г.Д. Етирмишли, А.Г. Рзаев, И.Э. Казымов, С.Э. Казымова, Л.А. Ибрагимова*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ КУРИНСКОЙ  
ВПАДИНЫ НА ОСНОВЕ НОВЕЙШИХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ,  
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Республиканский Центр Сейсмологической Службы при Национальной Академии наук  
Азербайджана, Баку, Азербайджан

В статье рассматриваются вопросы геодинамики Куринской депрессии в месте ее сочленения с южным склоном Большого Кавказа и гипотеза наличия глубинного корового разлома detachment fault в Куринской впадине. Обосновывается поддвиг блоков Куринской впадины под структуры Большого Кавказа. Приводятся результаты анализа механизмов очагов землетрясений, данных GPS и магнитометрических данных, говорящих в пользу выдвигаемой гипотезы псевдоспрединга блоков Куринской впадины.

*Ключевые слова:* механизм очагов землетрясений, горизонтальные движения, напряженность геомагнитного поля.

---

---

*G.J. Etirmishli, A.G. Rzayev, I.E. Kazimov, S.E. Kazimova, L.A. Ibragimova.*

**SIMULATION OF THE GEODYNAMIC SITUATION OF THE KURA DEPRESSION  
ON THE NEW SEISMOLOGICAL, GEODESIC AND MAGNETO METRIC DATA**

The Republican Center of Seismological Service at National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

The problems of geodynamics of the Kura depression in the place of its articulation with the southern slope of the Greater Caucasus and the hypothesis of the presence of a deep crustal detachment fault in the Kura basin are considered. The displacement of the blocks of the Kura depression under the structures of the Greater Caucasus is justified. The results of analysis of the mechanisms of earthquake foci, GPS data and magneto metric data, which support the proposed hypothesis of pseudo spreading of blocks of the Kura depression are presented.

*Key words:* the focal mechanism of earthquakes, horizontal motions, tension of geomagnetic field.

**Введение**

Область исследования охватывает среднюю и нижнюю части Куринской впадины (рис. 1).

Как известно, Куринская впадина представляет собой межгорный синклинальный прогиб, ограничена на севере Большим Кавказом, на юго-западе хребтами Малого Кавказа, на западе Сурамским хребтом и сложена, в основном, мощной толщей кайнозойских и мезозойских отложений.

Начало формирования впадины можно отнести к рубежу мела и палеогена. Более того, ответственным за формирование депрессии, начиная с мезо-

зоя, можно принять Куринский разлом-сброс.

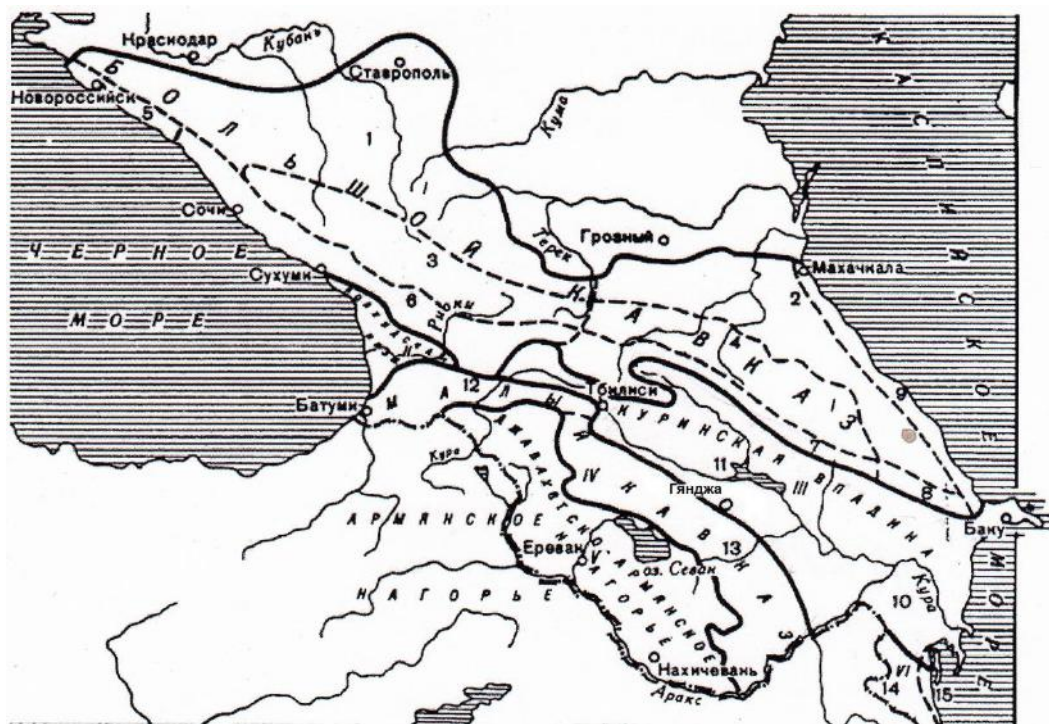


Рис. 1. Куринская впадина.

Изучение динамики движения и взаимодействия плит (то есть первичных сил, действующих на плиты), а также реологии континентальной литосферы является одной из важных фундаментальных проблем активной геотектоники.

Для Большого и Малого Кавказа эта точка зрения подразумевает в качестве источника их деформирования приближение в субмеридиональном направлении Аравийской литосферной плиты к смежной окраине восточно-европейской части Евразийской плиты. Сближение этих плит установлено в результате GPS измерений. Предполагается, что в результате этих горизонтальных смещений кавказский сегмент Альпийско-Гималайского подвижного пояса сжимается, слои осадочных и вулканических пород сминаются в складки, блоки основания испытывают разнонаправленные смещения, а верхние горизонты коры нарушаются взбросами и надвигами (рис. 2).

По данным международной сети GPS скорость движения Евразийской плиты весьма мала и составляет порядка 5 мм/год. Ее давление на Большой Кавказ сверху происходит в направлении СЗ-ЮВ. В то же время Аравийская

плита с существенно большей скоростью порядка 20 мм/год давит на Турцию, Иран и соответственно на Кавказ снизу в направлении ЮВ-СЗ [1, 2].

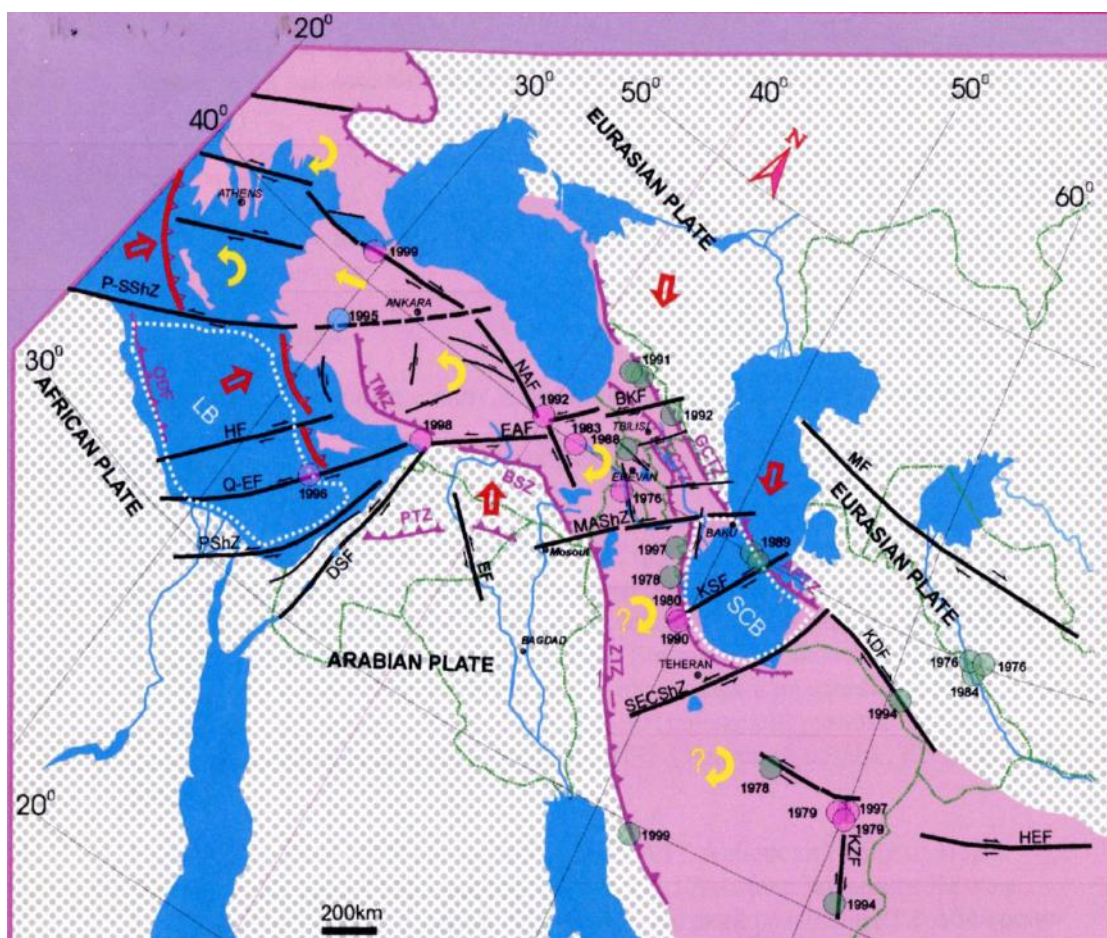


Рис. 2. Упрощенная карта основных сбросо-сдвиговых подвижек Арабско-Африканской и Евразийской зон коллизии плит [ 1].

В этой связи в зоне Малого Кавказа, Куринской депрессии и Большого Кавказа наблюдается обратное СЗ-ЮВ сжатию растяжение по азимуту ЮЗ-СВ, то есть растяжение, перпендикулярное структуре Кавказа.

Начиная с 2012-2017 гг. на территории Азербайджана Республиканским Центром Сейсмологической Службы (РЦСС) была установлена сеть постоянных станции GPS/ГЛОНАСС наблюдений. Расчет поля скоростей современных горизонтальных смещений земной коры Азербайджана, полученный по результатам наблюдений на 24 стационарных GPS-станций РЦСС показал, что горизонтальные подвижки блоков Куринской впадины в год в среднем составляют 7-10 мм/год в северо-восточном направлении, что не противоречит общей концепции коллизии плит (рис. 3) [3].

Регион представляет собой типичный пример коллизионной тектоники, характеризующейся деформацией сжатия в субмеридиональном направле-



нии, растяжением в субширотном направлении и общим поднятием горной системы Малого Кавказа.

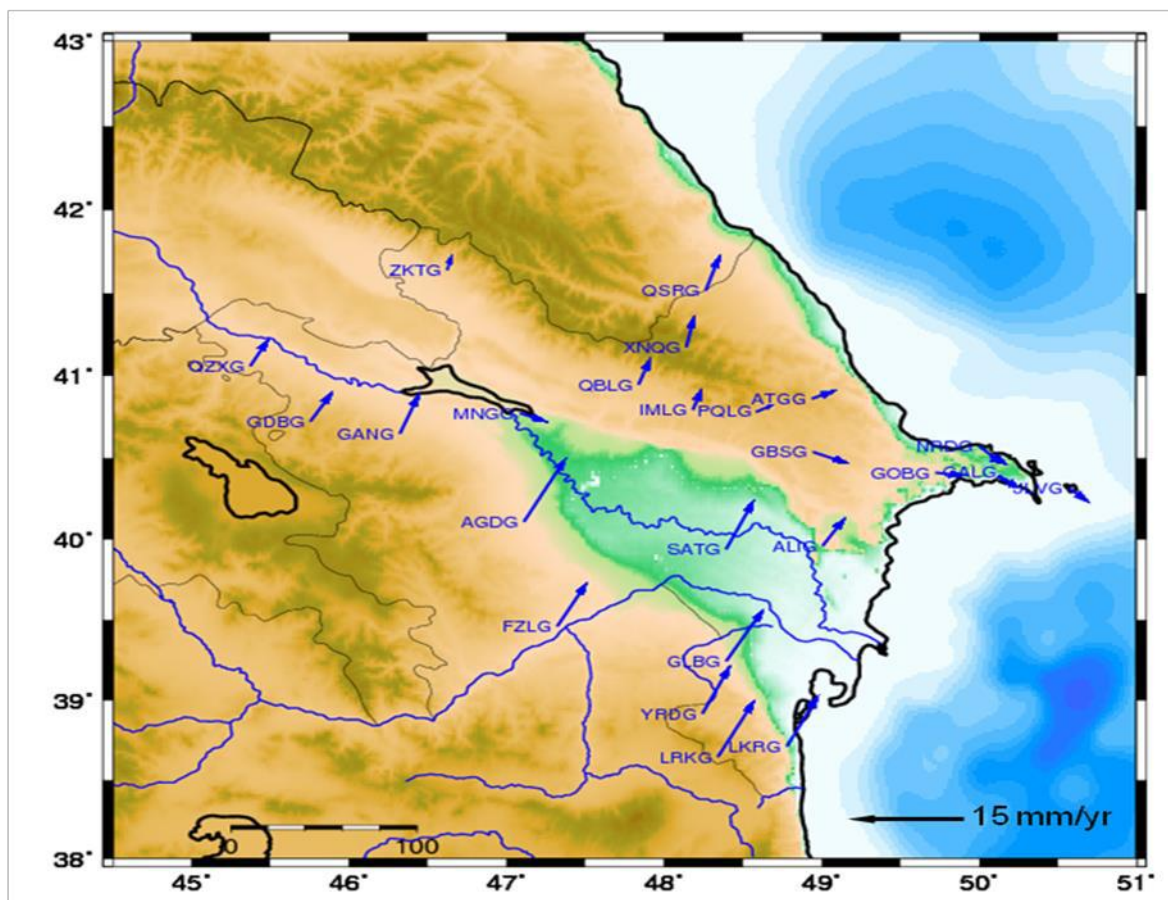


Рис. 3. Карта горизонтальных движений по данным GPS за 2016-2017 гг., полученных по программе GAMIT, для региона Азербайджана [3].

Анализ скоростей горизонтальных движений GPS данных за 2016-2017 гг. показал максимальные значения скоростей (12-13 мм/год) на стыке Малого Кавказа и Куринской впадины (рис. 4).

На рисунке 4 также нанесены два сильных землетрясения, произошедшие в 2017 году 11 мая по местному времени 07:24:19 в районе Саатлы и 15 ноября по местному времени 23:48:02 в Агдамском районе с магнитудами 5.3 и 5.7.

В очаге как первого, так и второго землетрясения преобладали близгоризонтальные сжимающие напряжения, ориентированные юго-запад северо-восточном направлении. Тип движения по обеим плоскостям – взброс с элементами надвига. Подвижка в очаге первого землетрясения возникла под действием близгоризонтальных ( $PL_P=19^\circ$ ) сжимающих напряжений и близвертикальных растягивающих ( $PL_T=41^\circ$ ). Угол падения первой нодальной плоскости  $77^\circ$ , второй  $46^\circ$ . Углы скольжения менялись в пределах  $SLIP=46-162^\circ$ .

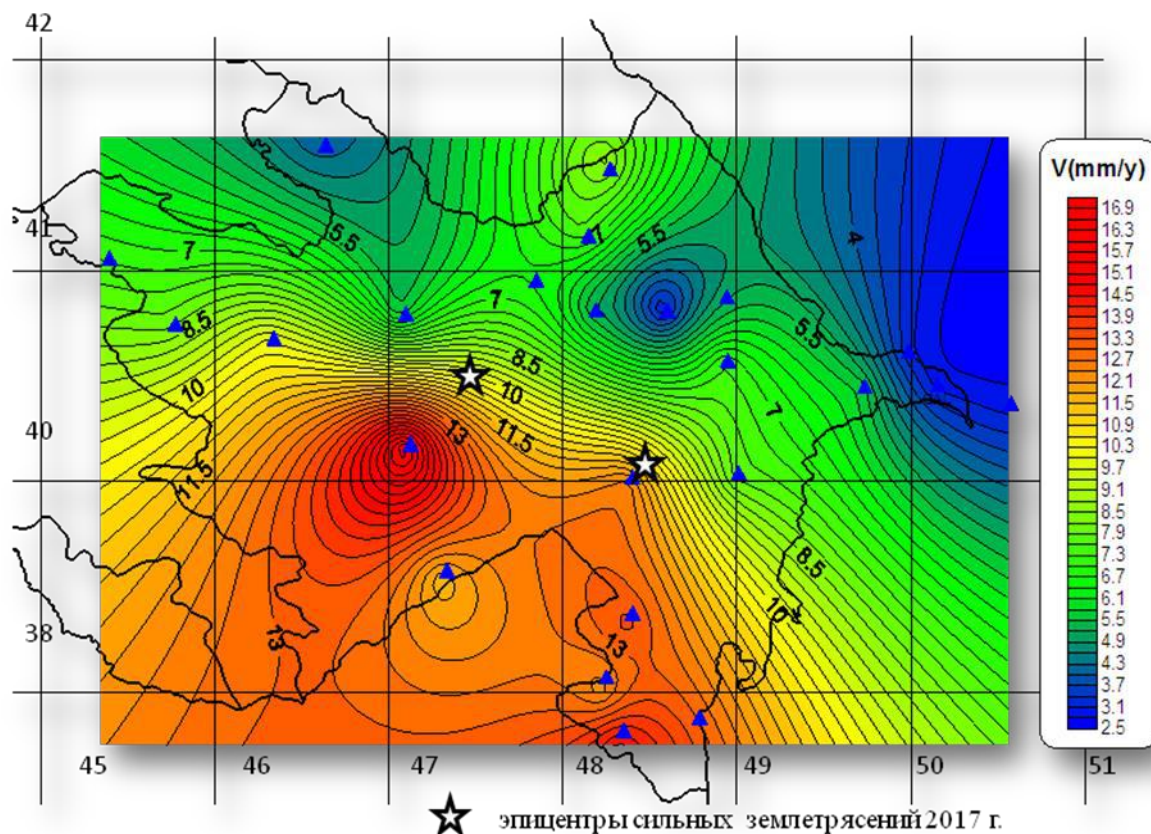


Рис. 4. Пространственное распределения скоростей горизонтальных движений по данным сети GPS\_РЦСС станций за период 2016-2017 гг.

Тип подвижки взброс с элементами правостороннего сдвига, ориентированной на северо-запад, отражен на рисунке 5.

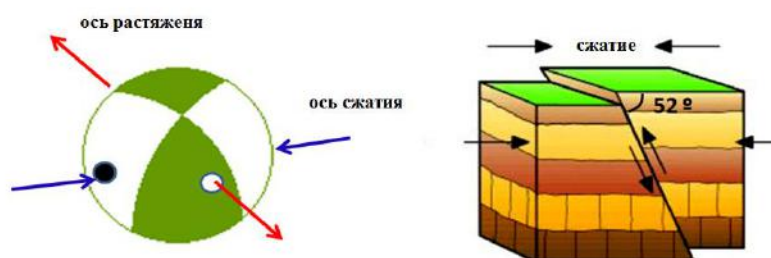


Рис. 5. Механизм очага Саатлинского землетрясения 2017 г. (слева) и блок-схема смещения (справа).

Отметим, что 1 августа 2016 г. по местному времени 08:46:35 в районе Имишли (в 20 км к западу от Саатлинского района) произошло землетрясение с  $m_l=5.6$ . Данное землетрясение также характеризовалось взбросовым типом подвижки с ориентацией нодальных плоскостей СЗ-ЮВ.

Агдамское землетрясение 2018 г., ощущавшееся до 6 баллов, характеризовалось близгоризонтальными ( $PL_P=7^\circ$ ) сжимающими и близвертикальными растягивающими ( $PL_T=49^\circ$ ) напряжениями. Тип движения по обеим крутым ( $DP_1=63^\circ$ ,  $DP_2=52^\circ$ ) плоскостям – взброс с элементами сдвига.

Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов показывает согласие первой нодальной плоскости  $NP1$  с левосторонним Арпа-Самурским поперечным разломом, что позволяет считать действующей именно плоскость  $NP1$  (рис. 6).

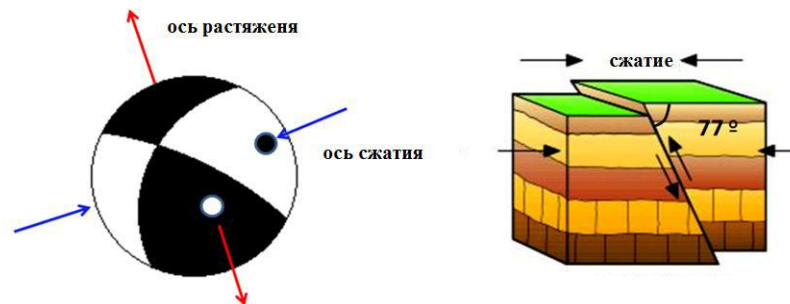


Рис. 6. Механизм очага Агдамского землетрясения 2018 г. (слева) и блок-схема смещения (справа).

Анализируя последовательность сейсмических процессов можно заметить, что рассмотренные очаги имеют определенную связь. Нужно отметить что, совпадение углов падения  $DP$ , модулей  $SLIP$  и азимутов простирания  $STK$  взбросов не исключает возможности подвижек таких типов по плоскостям одних разломов, а именно Куринского продольного разлома, связанного с надвиганием Малого Кавказа.

Таким образом, можно заключить, что надвигание структур Большого Кавказа на юг-юго-запад не такое мощное, как в эпоху Альпийской фазы тектоногенеза, но оно есть, о чем свидетельствует значительная сейсмичность по сформировавшимся надвигам, включая сильные землетрясения с большими периодами повторяемости в сотни и более лет. Последний факт говорит об относительно медленном накоплении здесь деформаций сжатия.

Принимая во внимание геотектонику в регионе Малого и Большого Кавказа, куда включена и Куринская впадина, геодинамическая ситуация в Куринской депрессии представляется нами следующим образом. Эффект надвигания к ЮЗ Большого Кавказа происходит на фоне поддвига (псевдоспрединга) структур Куринской впадины под структуры Большого Кавказа, о

чем было нами сказано ранее [4]. Нами выдвигается гипотеза существования в Куринской впадине глубинного корового разлома "отрыва-переноса", известного в научной литературе как разлом «detachment fault». В этом случае поддвиг блоков Куринской впадины под структуры Большого Кавказа объясняется как наложение действия крупного корового разлома "отрыва-переноса", выполаживающегося к нижней части земной коры и отслаивающего эту структуру.

Разломы "отрыва-переноса" (detachment fault) формируются, как правило, во впадинах (депрессиях) в режиме интенсивного растяжения. Из мировой практики известен, например, Коринфский залив (Пелопоннес, Греция), где также формируются разломы такого типа.

В пользу предложенной гипотезы модели поддвига блоков Куринской впадины под структуру Большого Кавказа косвенно указывают и другие факты:

- формирование в Куринской впадине, как зоне интенсивного растяжения, взбросо-надвиговых структур (нонсенс) и их сосуществование с другими сбросо-сдвиговыми структурами, например Геокчайский надвиг. Эта молодая неглубокая структура образовалась на пост-альпийском (после мезозоя) этапе тектоногенеза за счет надвигания структур Большого Кавказа на юг-юго-запад и поддвижением блоков Куринской впадины на север-северо-восток;

- наблюдаемые по механизмам очагов землетрясений в Куринской впадине взбросовые деформации на больших глубинах, где они не должны были бы быть, учитывая наличие здесь режима активного растяжения (по данным РЦСС НАНА);

- формирование положительных локальных приращений градиента напряженности геомагнитного поля в глубокофокусных очагах землетрясений Куринской впадины, как следствие накопления здесь деформаций сжатия, что не типично для областей активного растяжения (по данным РЦСС НАНА);

- большие скорости горизонтальных движений на Малом Кавказе, в Куринской низменности и много меньше в предгорной части Большого Кавказа (по данным мировых станций GPS, GPS-станций РЦСС НАНА и ИГГ НАНА).

Для более детальной оценки напряженно-деформационного состояния (НДС) Куринской впадины была проведена высокоточная магнитная съемка с применением протонного магнитометра G-856 (Geometrics, США).

Учитывая тот факт, что железосодержащие породы Куринской впадины сохраняют свою намагниченность до значительных глубин (22-32 км),



вплоть до изотермической поверхности Кюри ( $\sim 550^{\circ}\text{C}$ ), а также большой объем намагниченных пород, следует ожидать формирования здесь ощутимого сейсмомангнитного эффекта при дополнительных тектонических нагрузках на породы в ходе геодинамических процессов в регионе.

Следует также отметить, что намагниченная порода, в отличие от размагниченной, обладает большей прочностью за счет взаимодействия зерен магнитных минералов, что дает ей возможность накопления больших упругих напряжений, возникающих при подготовке очагов землетрясений.

Действительно, опыт более ранних исследований [5] показал, что магнитометрический мониторинг позволяет оконтуривать области напряженно-деформированного состояния среды, в пределах которых доказательно наблюдается высокая сейсмотектоническая активность. При этом характер приращения градиента напряженности геомагнитного поля отражает геодинамическую ситуацию в очаге в плане соответствия вида локальных аномалий  $T \sim f(t)$  форме упругих деформаций (сжатие, растяжение), формирующихся в очаговой зоне в период подготовки землетрясения.

Оценка динамики приращения градиента напряженности геомагнитного поля по результатам магнитной съемки на площади средней и нижней частей Куринской впадины позволила оконтурить основные зоны НДС: Ленкорань-Астаринская, Имишлы-Саатлинская и Кюрдамирская (рис. 7).

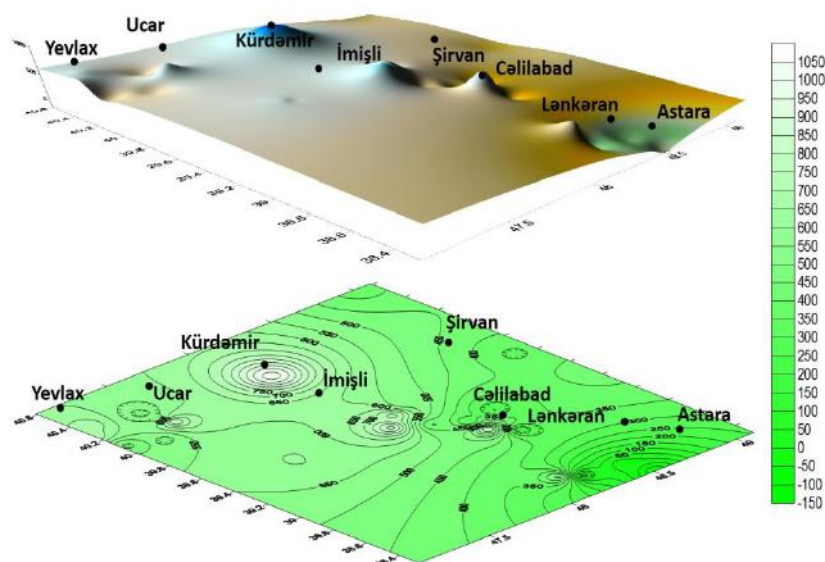


Рис. 7. Результаты магнитной съемки в средней и нижней частях Куринской впадины в формате 3D и 2D [3].



Как видно из рисунка 7, на фоне нормального распределения напряженности геомагнитного поля выявленные зоны НДС характеризуются высокими (положительными) градиентами приращения напряженности геомагнитного поля – порядка 100 нТл/км. Положительные приращения градиента магнитного поля свидетельствуют о накоплении в зонах НДС деформаций сжатия, что приводит к взбросо-надвиговым подвижкам в очагах землетрясений, происходящих в пределах этих зон.

Это отражается в формировании положительных локальных аномалий приращения напряженности геомагнитного поля (рис. 8).

2017 06 16 ,LAT=40.55, LON=47.59, H=34,  
ML=4.4 Ucar

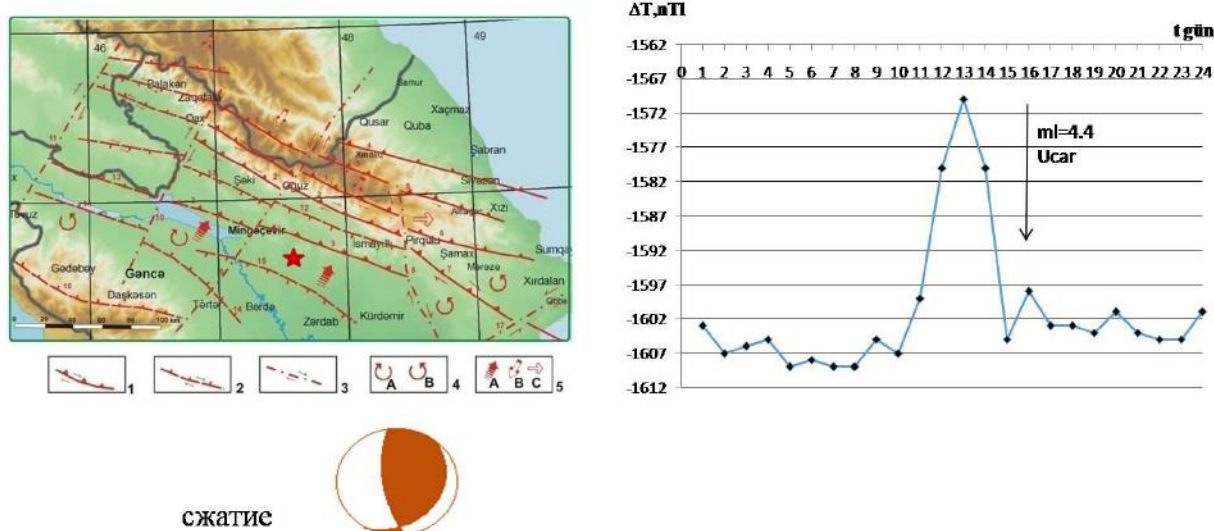


Рис. 8. Пример положительной локальной аномалии в поле  $\Delta T \sim f(t)$  при формировании в очаге землетрясения деформаций сжатия.

Выборка землетрясений за 2003-2016 гг. только лишь со взбросо-надвиговыми механизмами в очаге на площади нижней и средней частях Куринской впадины показала, что их гипоцентры тяготеют к предполагаемому нами глубинному разлому "отрыва-переноса".

Это хорошо видно на сеймотектоническом разрезе по азимуту ЮЗ-СВ (рис. 9). На рисунке видно формирование в очагах взбросовых деформаций по сопряженным с главным разломом более крутопадающим разрывным дислокациям.

Следует отметить, что все землетрясения со взбросо-надвиговыми подвижками в очагах, где имело место формирование деформации сжатия, предворялись положительными локальными аномалиями напряженности геомагнитного поля  $\Delta T \sim f(t)$  (рис. 8).

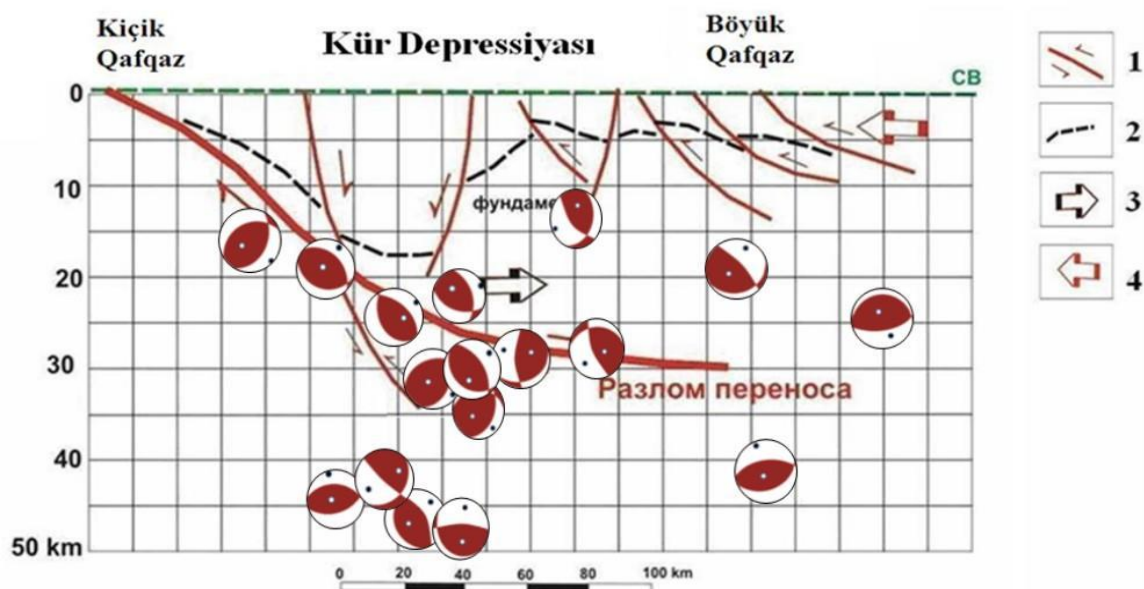


Рис. 9. Распределение очагов землетрясений в Куринской впадине вдоль разлома "detachment fault".

Таким образом, результаты исследований геодинамического режима в Куринской впадине по сейсмологическим, геодезическим и магнитным данным свидетельствуют в пользу правомерности предложенной нами модели геодинамического режима Куринской депрессии и правомочности гипотезы существования в Куринской депрессии глубинного разлома "detachment fault".

### Заключение

На основе анализа механизмов очагов землетрясений, данных GPS наблюдений и магнитометрических данных получены новые аргументы в пользу предлагаемой геодинамической модели развития Куринской впадины, а именно – геодинамическая обстановка в средней и нижней частях Куринской впадины формируется на фоне развития крупного корового разлома "отрыва-переноса" ("detachment fault") общекавказского направления, в следствии чего имеет место подвиг в СВ направлении структур Куринской впадины под структуры Большого Кавказа.

Предлагаемую модель подвига блоков Куринской впадины под структуру Большого Кавказа следует принимать как схематичную модель, которая хорошо согласуется с интерпретацией сейсмологических данных и результатами режимных геомагнитных наблюдений. Для более надежного доказательства наличия в Куринской впадине разлома "detachment fault" необходимо детально переинтерпретировать имеющиеся гравимагнитные и геологические данные более ранних исследований, а при необходимости провести до-

полнительные высокоточные гравимагнитные исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Khesin B., Metaxas Ch. Levantin and South-Caspian Basins as Product of Shring Geodynamics: Similarity and Differences in Their Structural and Geophysical Characteristics. Abstract of the First Stephan Mueller Conference of the EGS "From Continental Rifting to Collision", June 11-16, Dead Sea, Israel, 2000: p. 84.
2. Кадиров Ф.А., Кадыров А.Г., Бабаев Г.Р., Агаева С.Т., Мамедов С.К., Гаргаезалов Н.Р., Сафаров Р.Т. Сейсмическое районирование южного склона Большого Кавказа по фрактальным особенностям землетрясений, напряженному состоянию и по данным GPS скоростей. Физика Земли. 2013. 4: 111-119.
3. AMEA RSXM-nin Geofizika bölməsinin 2017-ci ildə yerinə yetirdiyi gravimagnitometrik və geodinamik elmi tədqiqat işlərinin hesabatı. 2017. Bakı. AMEA nəzdində RSXM-nin elm fondu.
4. Рзаев А.Г., Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э. Отражение геодинамического режима в вариациях напряженности геомагнитного поля. АМЕА ХӨВӨРЛӨР, Yer Elmləri. 2013. 4: 3-15.
5. Рзаев А.Г. Исследования тектономагнитных эффектов в зонах с высокой геодинамической активностью. Сб. Проблемы сейсмологии в Узбекистане. Ташкент, 2010. 7 (1).

*Поступила 23.04.2018*

(Контактная информация: **Рзаев Азай Гурбатович** – к.ф.-м.н., заместитель генерального директора Республиканского Центра Сейсмологической Службы при Национальной Академии Наук Азербайджана; адрес: 1001, Азербайджан, г. Баку, ул. Нигяр Рафибейли, 25. Тел. (99412) 492-31-65; E-mail: [azay\\_r@yahoo.com](mailto:azay_r@yahoo.com)).

---

---

## LITERATURA

1. Khesin B., Metaxas Ch. Levantin and South-Caspian Basins as Product of Shring Geodynamics: Similarity and Differences in Their Structural and Geophysical Characteristics. Abstract of the First Stephan Mueller Conference of the EGS "From Continental Rifting to Collision", June 11-16, Dead Sea, Israel, 2000: p. 84.
2. Kadirov F.A., Kadyrov A.G., Babaev G.R., Agaeva S.T., Mamedov S.K., Garagezalov N.R., Safarov R.T. Sejsmicheskoe rajonirovanie yuzhnogo sklona Bolshogo Kavkaza po fraktalnym osobennostyam zemletryasenij, napryazhennomu sostoyaniyu i po dannym GPS skorostej. Fizika Zemli. 2013. 4: 111-119.
3. AMEA RSXM-nin Geofizika bölməsinin 2017-ci ildə yerinə yetirdiyi gravimagnitometrik və geodinamik elmi tədqiqat işlərinin hesabatı. 2017. Bakı. AMEA nəzdində RSXM-nin elm fondu.
4. Rzaev A.G., Etirmishli G.D., Kazymova S.E. Otrazhenie geodinamicheskogo rezhima v variatsiyah napryazhennosti geomagnitnogo polya. AMEA XƏVƏRLƏR, Yer Elmləri. 2013. 4: 3-15.
5. Rzaev A.G. Issledovaniya tektonomagnitnyh effektiv v zonah s vysokoj geodinamicheskoj aktivnostyu. Sb. Problemy sejsmologii v Uzbekistane. Tashkent, 2010. 7 (1).

### Образец ссылки на статью:

Етирмишли Г.Д., Рзаев А.Г., Казымов И.Э., Казымова С.Э., Ибрагимова Л.А. Моделирование геодинамической ситуации Куринской впадины на основе новейших сейсмологических, геодезических и магнитометрических данных. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 2. 11с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-2/Articles/GDE-2018-2.pdf>) DOI: 10.24411/2304-9081-2018-12008.