

УДК 550.34:551.1(470.6)

## СЕЙСМИЧНОСТЬ БОЛЬШОГО КАВКАЗА С ПОЗИЦИИ БЛОКОВОЙ ДЕЛИМОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Стогний Г. А., Стогний В. В.

### SEISMICITY OF GREATER CAUCASUS ON THE POSITION OF THE EARTH'S CRUST BLOCK DIVISIBILITY

Stogny G. A., Stogny V. V.

Kuban State University, Krasnodar, 350040, Russia  
e-mail: stogny\_vv@mail.ru

*Abstract.* In the following article analysis of seismic-generating structures of Greater Caucasus' megaanticlinorium based on its block divisibility is carried out. According to the issued problem on results of geological and geophysical materials' complex interpretation there was designed composition scheme of consolidated Earth's crust in geoblock system and its composing blocks of the higher order. Consolidated Greater Caucasus' Earth's crust is divided by sublongitudinal Laba-Batumsky and Derbent-Lenkoransky deep faults on three geoblocks: Eastern-Black Sea, Caspian-Black Sea and Southern-Caspian, that are characterized by the different distribution of earthquakes with  $M \geq 5.5$ . For Eastern-Black Sea and Southern-Caspian geoblocks earthquake magnitude is commonly less than 5.5, in Caspian-Black Sea geoblock there were registered many earthquakes with  $M = 5.5$  and more.

On result of investigations there was established that maximum earthquake's magnitude of Greater Caucasus is associated with the area of consolidated crust's seismic-generating block. Earthquake magnitude of Anapa and Sochi blocks which area is about 4 thousands sq. km is less than 6.0. Earthquakes with  $M > 6.0$  of Caspian-Black Sea geoblock are localized in blocks which area is about 100–300 thousands sq. km. Most of the earthquake epicenters are mainly concentrated in Svaneto-Alazansky and Bezhitinsky deep faults' effective areas.

*Keywords:* Greater Caucasus, earthquake, magnitude, gravity field, geoblock, tectonic block, deep fault, Earth's crust.

### Введение

Применение концепции блоковой делимости литосферы для характеристики тектонического строения крупных регионов подчинено прежде всего чёткой ранговой соподчинённости разномасштабных структур (геоблок, мегаблок, блок I порядка, блок II порядка). Л.И. Красным [1] геоблок определяется как глыбовый элемент тектоносферы, характеризующий её специфическую делимость на ограниченные глубинными разломами крупные (общей площадью 1–5 тыс. кв. км) структуры, обладающие определёнными чертами литогенеза, магматизма, метаморфизма и оруденения. В настоящее время термин геоблок часто отождествляется с плитой, микроплитой, террейном. Ранговая систематизация блоков

земной коры довольно детально разработана Л.С. Галецким с соавторами [2], основу ее составляют: геоблок, мегаблок, блоки I порядка, блоки II порядка. В статье В.Н. Опарина и М.В. Курлени [3] приведены геотектонические обоснования иерархических рядов блоков 14 порядков с характерным размером от 8900 до 1,1 км. Ранговая соподчинённость подразумевает и определённое положение блока в глубинной структуре земной коры. Геоблок захватывает весь объём земной коры, уровни блоков I и II порядка отражают латеральную изменчивость верхней части земной коры.

Эпицентры землетрясений довольно часто приурочены к узлам пересечения линейментов, которые являются границами блоков. Выделение сейсмогенерирующих структур в системе блоковой делимости земной коры

Стогний Галина Александровна, д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры региональной и морской геологии Кубанского государственного университета; e-mail: stogny\_vv@mail.ru

Стогний Валерий Васильевич, д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки Кубанского государственного университета; e-mail: stogny\_vv@mail.ru

Работа выполнена по проекту РФФИ № 16-45-230343.

обосновывается по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов и разработки физико-геологических моделей возникновения землетрясений [4–6]. Так, в работе [7] приведены две схемы линейментов Большого Кавказа и мест возможного возникновения землетрясений, построенные с помощью алгоритмов распознавания образов и отличающиеся включением в методику расчёта данных по аномальному магнитному полю Кавказа. Показано, что внесение в выборку данных по аномальному магнитному полю практически не изменило рисунок линейментов, но изменило ряд мест возможного возникновения землетрясений.

Блоковая делимость литосферы — это прежде всего результат тектонической слоенности земной коры в процессе как взаимодействия различных разноранговых её сегментов, так и за счёт внутренних сил геодинамической системы, в рамках которой происходит концентрация напряжений в очаге землетрясения. Процесс формирования сейсмогенерирующих напряжений мегаантиклинория Большого Кавказа находится в зависимости от глобальных, региональных и локальных уровней взаимодействия сеймотектонических структур литосферы.

Глобальный уровень формирования сейсмогенерирующих напряжений мегаантиклинория Большого Кавказа определяется его положением в пределах Средиземноморского подвижного пояса и связан с движением Аравийской плиты в направлении к Евразийской. Начиная с 1990-х гг. формирование сейсмичности Кавказа обычно рассматривают в рамках плитной тектоники, а к сейсмогенерирующим структурам относят области взаимодействия плит либо микроплит. Вместе с тем, необходимо отметить различное положение границ плит (микроплит) на имеющихся схемах тектонического строения Черноморского региона. Так, по А.Н. Вардапетяну [8] граница Черноморской микроплиты с Евразийской плитой соответствует южному ограничению последней. В.Г. Казьмин с соавторами [9] за северную границу Восточно-Черноморской микроплиты принимает надвиги форланда горно-складчатого сооружения Большого Кавказа. Региональный уровень характеризует закономерности возникновения очагов землетрясений в пределах геоблоков, внутреннее строение которых может быть осложнено наличием астенолинз. Локальный

уровень определяют блоки I и II порядка, которые во многом формируют условия как накопления энергии очага, так и её рассеивания.

### 1. Блоковая делимость земной коры Большого Кавказа

Плотностные неоднородности литосферы различных иерархических уровней проявляются в разночастотных составляющих поля силы тяжести, интерпретация природы которых важна с точки зрения реконструкции современной геодинамической обстановки, определяющей характер сейсмичности территории. С этой целью был выполнен анализ разночастотных составляющих гравитационного поля (редукция Буге,  $\sigma = 2,67 \text{ г/см}^3$ ) на уровнях аномальной области и региональных максимумов и минимумов на площади, в тектоническом отношении отвечающей мегаантиклинорию Большого Кавказа, обрамляющим его Предкавказским предгорным прогибом и структурам Скифской плиты на севере, а в южной части — впадине Черного моря и Закавказской системе впадин.

В региональной составляющей гравитационного поля выделены Черноморская, Скифская и Кавказская аномальные области, крупные (более 1000 км в поперечнике) участки гравитационного поля мозаичного строения, отличающиеся уровнем поля и включающие региональные максимумы и минимумы (рис. 1).

**Черноморская** аномальная область в низкочастотной составляющей представлена крупным (300 × 600 км) гравитационным максимумом амплитудой до 200 мГал. В плане она соответствует Восточно-Черноморской впадине и Северо-Западному сегменту Большого Кавказа. Северная её гравитационная ступень, отвечающая южному крылу Северо-Западного и Центрального сегментов мегаантиклинория Большого Кавказа, осложнена локальными Новороссийским, Сочинским, Гагринским и Цхинвальским максимумами (рис. 1). В.Б. Бурьянов и В.Д. Соловьёв [13] предполагают, что Новороссийский, Сочинский и Гагринский локальные гравитационные максимумы обусловлены интрузиями основных пород, внедрившимися по периферии Черного моря.

**Скифская** аномальная область в тектоническом отношении соответствует Скифской плите, фрагментарно захватывая предгорный

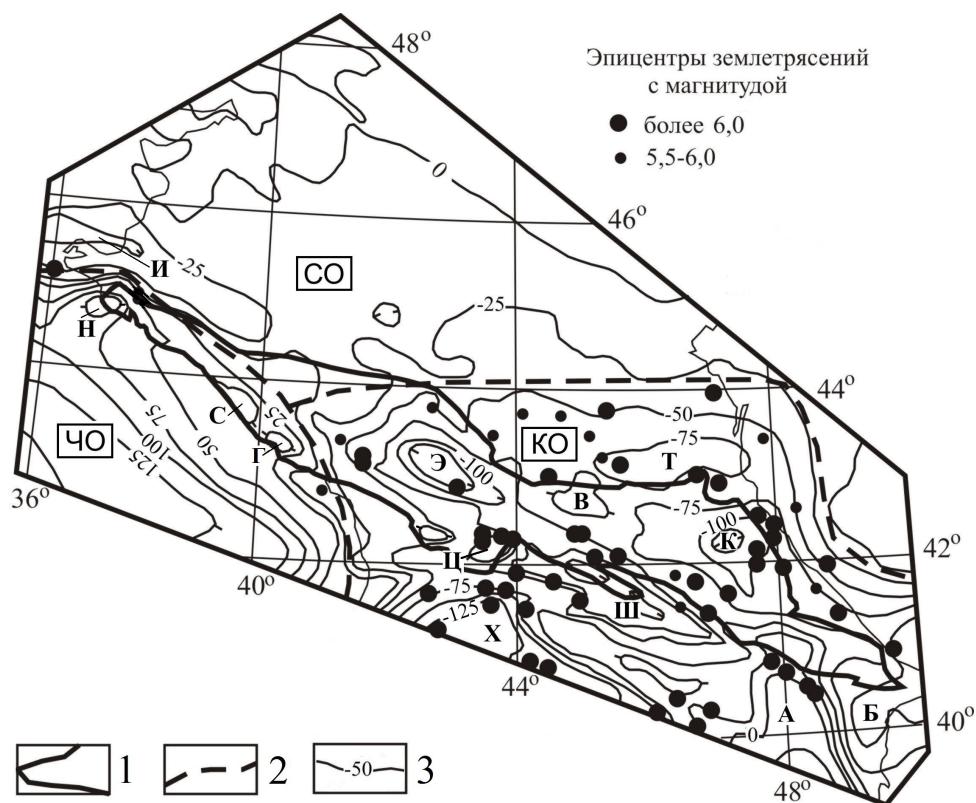


Рис. 1. Схема низкочастотной составляющей гравитационного поля и эпицентров землетрясений с  $M > 5,5$  Большого Кавказа. Составлена с использованием данных [10–12].

1 — контур мегаантиклинория Большого Кавказа по [10]; 2 — границы аномальных областей гравитационного поля: ЧО — Черноморская, СО — Скифская, КО — Кавказская; 3 — изоаномалы гравитационного поля (минимумы: И — Индоло-Кубанский, Э — Эльбрусский, К — Кубачинский, Т — Терский, Ш — Ширакский, Б — Бакинский, Х — Ахалкалакский; максимумы: В — Верхнетерский, А — Аракский, Н — Новороссийский, С — Сочинский, Г — Гагринский, Ц — Цхинвальский)

Предкавказский прогиб. Структура её мелко-мозаичная: многочисленные локальные аномалии амплитудой 5–10 мГал имеют разное простираение. Исключение составляет Индоло-Кубанский гравитационный минимум в юго-восточной части аномальной области амплитудой более 25 мГал и отвечающий одноименному прогибу.

**Кавказская** аномальная область соответствует Центральному, Восточному и Юго-Восточному сегментам Большого Кавказа, Терско-Каспийскому предгорному прогибу и системе Закавказских предгорных впадин. Кавказская аномальная область в низкочастотной составляющей представляет собой крупный гравитационный минимум амплитудой более 100 мГал. Аномальная область включает Эльбрусский, Кубачинский, Терский, Ширакский, Бакинский и Ахалкалакский региональные минимумы, Верхнетер-

ский и Аракский региональные максимумы. Большинство аномалий имеют «кавказское» простираение. Центральную осевую зону Кавказской аномальной области составляют Эльбрусский и Ширакский гравитационные минимумы северо-западного простираения и протяжённостью более 250 км с амплитудой до 50 мГал. Эльбрусский минимум в плане соответствует выходам протерозойских метаморфических пород и палеозойских гранитоидов Центрального сегмента Большого Кавказа. Ширакский гравитационный минимум пространственно отвечает Чиауро-Дибрарскому синклинию южного крыла Восточного сегмента Большого Кавказа и Ширакско-Аджиноурской зоне.

В локальной составляющей гравитационного поля исследуемого региона обращает на себя внимание цепочка практически равных по площади максимумов Северо-

Западного и южного крыла Центрального сегмента мегаантиклинория, с запада на восток: Новороссийский, Сочинский, Гагринский, Кутаисский и Цхинвальский максимумы (рис. 1), объединённые в Анапа-Рачинскую зону. Амплитуда локальных максимумов Анапа-Рачинской гравитационной зоны до 20–25 мГал, а размеры их по длинной оси составляют в среднем 60 км.

Выходы протерозойских метаморфических пород Центрального сегмента Большого Кавказа в плане соответствуют осевой зоне Эльбрусского регионального минимума, что позволяет структуру низкочастотной составляющей гравитационного поля отождествлять с плотностными неоднородностями консолидированного слоя земной коры, в пределах которого сосредоточены практически все очаги землетрясений с магнитудой  $M > 5$ . Блоковая делимость консолидированной земной коры Большого Кавказа подчинена системе региональных разломов северо-западного простирания (рис. 2), которые субдолготными тектоническими нарушениями разбиты на отдельные линеаменты. Азово-Каспийский, Западно-Кавказский, Сването-Алазанский региональные разломы имеют простирание аналогичное Северо-Скифскому разлому, маркирующему северную границу Скифской плиты. По рисунку региональных разломов северо-западного простирания можно предположить продолжение консолидированного слоя земной коры Скифской плиты под Большой Кавказ.

Консолидированная кора мегаантиклинория Большого Кавказа и сопредельных структур субдолготными Лаба-Батумским и Дербент-Ленкоранским разломами разделена на геоблоки: Восточно-Черноморский, Каспийско-Черноморский и Южно-Каспийский. Восточно-Черноморский геоблок с северо-запада ограничен Западно-Кавказским разломом, а с северо-востока — Крымским. Континентальный сегмент Восточно-Черноморского геоблока разбит на ряд блоков II порядка: Анапский, Сочинский и Гагринский, выделенных в контурах локальных гравитационных максимумов Анапа-Рачинской зоны.

Каспийско-Черноморский геоблок ограничен с запада и востока долготными Лаба-Батумским и Дербент-Ленкоранским разломами, с севера — Уруп-Терским разломом северо-западного простирания, а на юге —

Аджаро-Мингечаурским разломом. Азово-Каспийским и Сването-Алазанским разломами северо-западного простирания и ортогональных к ним тектонических нарушений Каспийско-Черноморский геоблок разбит на ряд блоков: Эльбрусский, Верхнетерский, Кубачинский, Терский, Кутаисский и Ширакский. На юге Каспийско-Черноморский геоблок граничит с Аракс-Бакурианским геоблоком.

В пределах Каспийско-Черноморского геоблока расположены Центральный и Восточный сегменты мегаантиклинория Большого Кавказа. Северное крыло (Лабино-Малкинская зона) и ядро (выходы протерозойских метаморфических пород и палеозойских гранитоидов) Центрального сегмента составляют Эльбрусский блок. Южное крыло Центрального сегмента расположено в контурах северной части Кутаисского блока, а Восточный сегмент мегаантиклинория отвечает Верхнетерскому и Кубачинскому блокам. Западно-Кубанский и Терско-Каспийский предгорные прогибы Большого Кавказа, которым в плане соответствуют восточная часть Индоло-Кубанского гравитационного минимума и Терский гравитационный минимум, в структуре консолидированного слоя соответствуют Индолокубанскому и Терскому блокам.

В тектоническом отношении юго-западная часть Южно-Каспийского геоблока включает Юго-Восточный сегмент Большого Кавказа и Апшероно-Прибалханскую зону поднятий.

## 2. Сейсмичность Большого Кавказа с позиции блоковой делимости земной коры

Территория мегаантиклинория Большого Кавказа принадлежит к Крымско-Кавказской сейсмической зоне Средиземноморского пояса. В региональном плане распределение эпицентров землетрясений с  $M > 5,5$  по отношению к геоблоковой структуре консолидированной земной коры мегаантиклинория существенно различается. Восточно-Черноморский геоблок характеризуется относительно малым числом умеренных землетрясений при наличии палеосейсмологических свидетельств об очень крупных древних сейсмических событиях. В пределах Каспийско-Черноморского геоблока

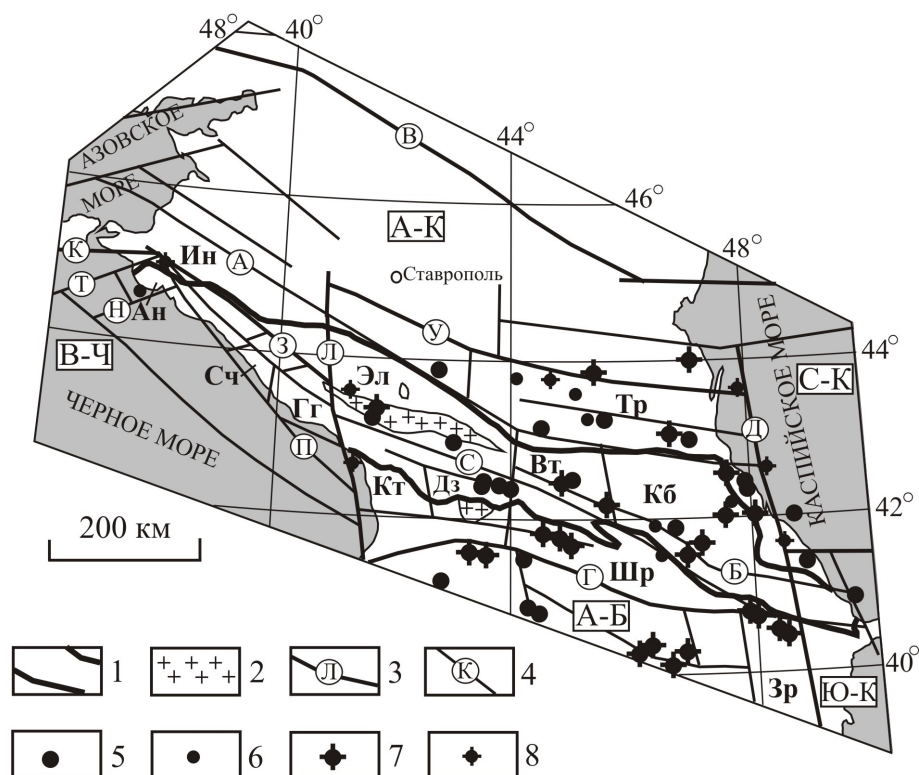


Рис. 2. Схема блоковой делимости консолидированной земной коры Большого Кавказа по результатам интерпретации гравитационного поля.

1 — контур мегаантиклинория Большого Кавказа по [10]; 2 — выходы протерозойских метаморфических пеганитов Центрального сегмента и Дзирульского массива; 3 — межблоковые разломы: А — Азово-Каспийский, В — Северо-Скифский, Г — Аджаро-Мингечаурский, Д — Дербент-Ленкоранский, З — Западно-Кавказский, К — Крымский, Л — Лаба-Батумский, У — Уруп-Терский; 4 — межблоковые разломы: Т — Таманский, Н — Новороссийский, П — Причерноморский, С — Сването-Алазанский, Б — Бежитинский. Геоблоки: А-К — Азово-Каспийский, В-Ч — Восточно-Черноморский, С-К — Северо-Каспийский, Ю-К — Южно-Каспийский, А-Б — Аракс-Бакурианский; 5-6 — эпицентры инструментальных землетрясений по [12]: 5 —  $M = 5,5-6,0$ ; 6 —  $M > 6,0$ ; 7-8 — эпицентры исторических (до 1909 г.) землетрясений по [12]: 7 —  $M = 5,5-6,0$ ; 8 —  $M > 6,0$ . Блоки: Ан — Анапский, Сч — Сочинский, Гг — Гагринский, Дз — Дзирульский, Зр — Зардобский, Вт — Верхнетерский, Ин — Индолокубанский, Кб — Кубачинский, Тр — Терский, Кт — Кутаисский, Шр — Ширакский, Эл — Эльбрусский

локализованы очаги землетрясений с  $M > 6,0$  (рис. 2).

Пространственное распределение эпицентров землетрясений Восточно-Черноморского геоблока имеет узловый характер, обычно выделяются Анапский и Сочинский сейсмоактивные районы Северо-Западного Кавказа [14]. Землетрясения с  $M > 5$  произошли главным образом в пределах Анапского сейсмоактивного района: Нижнекубанское 09.10.1879 г. ( $M = 6,0$ ), Анапское 12.07.1966 г. ( $M = 5,5$ ) и Нижнекубанское 09.11.2002 г. ( $M = 5,0$ ). Гипоцентры землетрясений локализованы в основном в интервале 10–35 км. Сейсмогенерирующими структурами Анап-

ского и Сочинского сейсмоактивных районов являются одноимённые блоки, выделенные в контурах локальных гравитационных максимумов (рис. 1, 2). В нашей интерпретации это высокоплотные жёсткие блоки консолидированной коры северного фланга Восточно-Черноморского геоблока (рис. 2). Анапский сейсмоактивный район, кроме того, контролируется узлом пересечения Западно-Кавказского и Крымского глубинных разломов. Тектонический рисунок позволяет предположить, что Анапский блок «вдавливается» в северо-восточном направлении, при этом поперечные разломы северо-восточного простирания Северо-Западного Кавказа имеют

общее простирание с Керченско-Азовской системой разломов. Данные разломы ограничивают Анапский и Сочинский сейсмогенерирующие блоки (рис. 2) и сами являются сейсмоактивными. Роль поперечных разломов в формировании сейсмичности Северо-Западного Кавказа согласно [15] довольно значительна и предполагается способность данных разломов продуцировать землетрясения разрушительной силы.

Распределение эпицентров землетрясений с  $M > 5,5$  по отношению к тектоническим элементам Каспийско-Черноморского геоблока не подчинено какой-либо определённой закономерности: они локализованы как в непосредственной близости или в зоне разломов, так и группируются внутри блоков. К наиболее сейсмоактивным структурам отнесён субдолготный межгеоблоковый Дербент-Ленкоранский и северо-западный Сването-Алазанский разломы.

Наибольшее количество землетрясений с  $M > 5,5$  произошло в контурах Кубачинского блока земной коры. Эпицентры землетрясений Кубачинского блока группируются в его северо-восточной и юго-западной частях. Магнитуды землетрясений северо-восточной части блока менее либо равны 6,0, а в юго-западной части этого блока известны два исторических землетрясения с  $M > 6$ . В восточной части Эльбрусского блока Центрального сегмента известны Тебердинское (1905 г.,  $M = 6,4$ ) и Чхалтинское (1963 г.,  $M = 6,4$ ) землетрясения. В пределах Верхнетерского блока произошло три исторических землетрясения, два из которых, по-видимому, контролировались Сването-Алазанским разломом. Из крупных сейсмических событий Терского блока следует отметить Дагестанские землетрясения 1830 г. ( $M = 6,3$ ) и 1970 г. ( $M = 6,6$ ) и Черногорское землетрясение 1976 г. ( $M = 6,2$ ).

Территория южного склона Центрального сегмента мегаантиклинория до 29.04.1991 г. считалась асейсмичной. В конце XX века здесь произошли Рачинское-1 (29.04.1991 г.,  $M = 6,9$ ), Рачинское-2 (15.06.1991 г.,  $M = 6,2$ ) и Барисахо (1992 г.,  $M = 6,3$ ) землетрясения, а в начале XXI в. — Онийское (07.09.2009 г.,  $M = 5,8$ ) землетрясение. Очаги данных землетрясений локализованы в земной коре Дзирульского блока II порядка Кутаисского блока [16]. На рис. 3 показано положение эпицентров этих землетрясений по отношению

к элементам гравитационного поля южного склона Центрального сегмента Большого Кавказа. Эпицентры землетрясений в плане приурочены к северной ступени Цхинвальского локального максимума, южная часть которого соответствует северному фрагменту Дзирульского срединного массива, сложенного протерозойскими метаморфическими породами и палеозой-мезозойскими гранитоидами, а северная часть — Окрибо-Сачхерской зоне Большого Кавказа.

Профиль ГСЗ Степное-Бакуриани в своей южной части пересёк Цхинвальский локальный максимум на отрезке Джава-Хашури. Судя по материалам скоростного разреза по профилю ГСЗ Степное-Бакуриани [17], на отрезке Джава-Хашури присутствует высокоскоростной фрагмент верхней части земной коры (скорость продольных волн 7,1–7,3 км/с) протяжённостью по профилю до 80 км. Верхняя южная его кромка находится на глубине около 1 км, а северная опущена на 5 км, глубина нижней кромки уменьшается с 20 до 15 км в северном направлении. Г.А. Павленкова [17] высокоскоростной фрагмент интерпретирует как интрузивное тело. В нашей интерпретации — это Дзирульский блок, на большей части перекрытый чешуями южного склона Центрального сегмента. Скорость продольных волн в 7,1–7,3 км/с отвечает нижней части земной коры, сложенной гранулитами, что позволяет предположить в качестве механизма формирования Дзирульского блока выдвигание его в условиях транспрессии при становлении складчатого сооружения Большого Кавказа. Дзирульский блок являлся сейсмогенерирующей структурой для Рачинской группы землетрясений.

В тектоническом отношении практически все эпицентры землетрясений с  $M > 6$  Большого Кавказа находятся в пределах южного склона Центрального и Восточного сегментов и главным образом в зоне влияния Сването-Алазанского разлома. По распределению эпицентров исторических и инструментальных землетрясений Сването-Алазанский разлом наиболее сейсмоактивным был в доинструментальный период: Тебердинское землетрясение (1905 г.,  $M = 6,4$ ), землетрясение района г. Шемахи (1668 г.,  $M = 7,8$  и 1902 г.,  $M = 6,9$ ). В XX веке на северном фланге Сването-Алазанского разлома произошло Чхалтинское землетрясение (1963 г.,  $M = 6,4$ ).



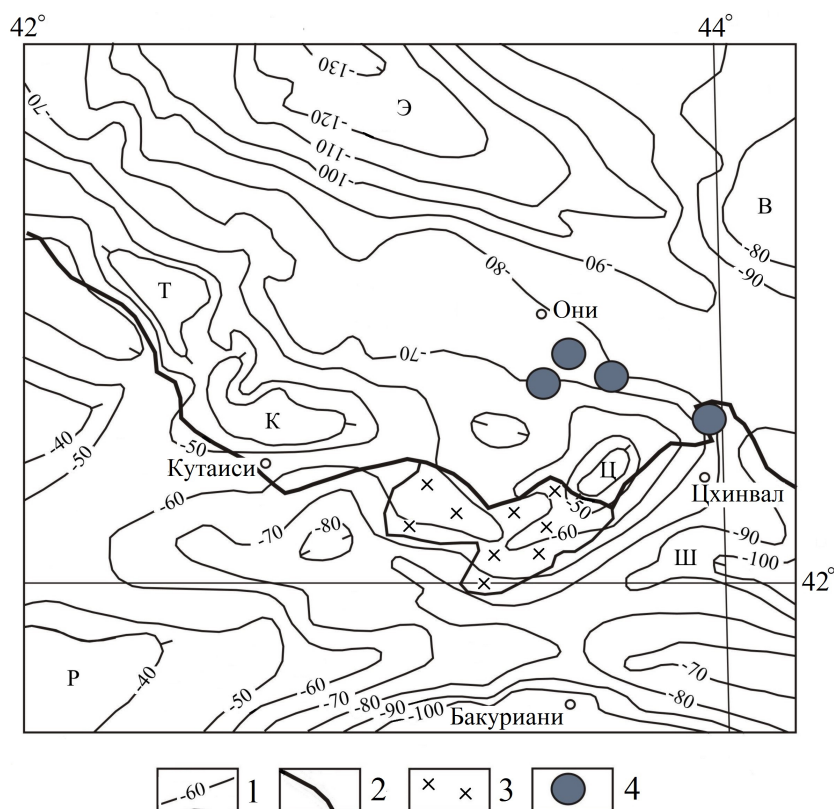


Рис. 3. Схема гравитационного поля южного склона Центрального сегмента Большого Кавказа.

Составлена по данным [10, 11].

1 — изономалы гравитационного поля (минимумы: Э — Эльбрусский, Ш — Ширакский; максимумы: В — Верхнетерский, К — Кутаисский, Р — Рионский, Т — Тухуринский, Ц — Цхинвальский), 2 — южная граница Центрального сегмента мегаантиклинория Большого Кавказа; 3 — Дзирульский срединный массив; 4 — эпицентры землетрясений с  $M > 5,8$  Рача-Джавского сейсмоактивного района

Анализ зависимости сейсмического потенциала и накопленной энергии очага от площади блока консолидированной земной коры Большого Кавказа позволяет отметить следующее. Анапский и Сочинский сейсмоактивные районы с магнитудой землетрясений менее 5,5 контролируют примерно равные по площади Анапский (3,8 тыс. кв. км) и Сочинский (3,6 тыс. кв. км) блоки II порядка, что подтверждает и модель степени добротности земной коры. По данным О.В. Павленко [18] добротность земной коры в районе Анапы и Сочи довольно низкая, полученные значения параметра сброшенных в очагах напряжений около 50 бар типичны для районов с мелкоблочной структурой земной коры. Рача-Джавский сейсмический район с магнитудой землетрясений 5,8–6,9 соответствует контурам Дзирульского блока II порядка (75 тыс. кв. км), являющегося

восточной частью Кутаисского блока площадью 160 тыс. кв. км. В пределах Эльбрусского блока площадью 250 тыс. кв. км произошли Тебердинское и Чхалтинское землетрясения с  $M = 6,4$ . Эпицентры четырёх землетрясений с  $M > 5,5$  Верхнетерского блока площадью около 100 тыс. кв. км сосредоточены в его южной части. К наиболее крупному Кубачинскому блоку (300 тыс. кв. км) приурочены эпицентры шести землетрясений с  $M > 5,5$ . По прогнозу В.И. Уломова [19] в пределах северо-восточного фланга Кубачинского блока в 2013–2036 гг. должно произойти землетрясение с  $M = 7$ . Сейсмоопасной исходя из закономерности распределения землетрясений по отношению к блоковой структуре земной коры Большого Кавказа может представлять восточная часть Кутаисского блока. Возникающие напряжения в межблоковых разломах и подвижки блоков вызывали как

миграцию слабых землетрясений и формирование очага сильного землетрясения, так и разрушение очаговой области.

### Заключение

Выполнен анализ сейсмогенерирующих структур мегаантиклинория Большого Кавказа на основе его блоковой делимости. Исходя из поставленной задачи, по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов была разработана схема строения консолидированной земной коры в системе геоблоков и составляющих их блоков более высоких порядков. Консолидированная кора Большого Кавказа субдолготными Лаба-Батумским и Дербент-Ленкоранским разломами разделена на три геоблока: Восточно-Черноморский, Каспийско-Черноморский и Южно-Каспийский, характеризующиеся различным распределением землетрясений с  $M \geq 5,5$ . Для Восточно-Черноморского и Южно-Каспийского геоблоков магнитуда землетрясений обычно не превышает 5,5, в пределах Каспийско-Черноморского геоблока зафиксированы многочисленные землетрясения с  $M = 5,5$  и более.

В результате проведенных исследований установлена зависимость величины максимальной магнитуды землетрясений Большого Кавказа от площади сейсмогенерирующего блока консолидированной коры. Магнитуда землетрясений Анапского и Сочинского блоков площадью до 4 тыс. кв. км не превышает 6,0. Землетрясения с  $M > 6,0$  Каспийско-Черноморского геоблока локализованы в блоках площадью 100–300 тыс. кв. км. Большинство эпицентров землетрясений с  $M > 5,5$  Каспийско-Черноморского геоблока сосредоточены главным образом в зонах влияния Сването-Алазанского и Бежитинского глубинных разломов.

### Литература

1. Красный Л.И. Геоблоки // Геотектоника. 1967, № 5. С. 103–120.
2. Галецкий Л.С., Шмидт А.А., Титов В.К., Коссовская В.А. Тектоника и металлогения Восточно-Европейской платформы на основе геоблокового строения и активизации земной коры // Геологический журнал. 1990. № 2. С. 49–56.
3. Опарин В.Н., Курлёня М.В. Зональная дезинтеграция и иерархический ряд геоблоков // Механика горных пород. 1994. № 2. С. 14–26.
4. Шаров В.И. Тектонический процесс как неравновесный термодинамический процесс разрушения горных пород (к проблеме смены парадигмы в сейсмологии) // Физика Земли. 1992. № 5. С. 121–127.
5. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Внешний анализ в проблеме скрытых дефектов и прогнозе землетрясений // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. 2016. № 2. С. 19–28.
6. Стогний Г.А., Стогний В.В. Сеймотектоническая модель Верхояно-Колымской орогенной области (Северо-восток России) // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. 2014. № 4. С. 79–87.
7. Соловьёв Ал.А., Горшков А.И., Соловьёв Ан.А. Применение данных по литосферным магнитным аномалиям в задаче распознавания мест возможного возникновения землетрясений // Физика Земли. 2016. № 6. С. 21–27.
8. Вардапетян А.Н. Позднекайнозойская тектоника плит Черноморско-Каспийского региона // Океанология. 1979. Т. XIX. № 6. С. 1066–1075.
9. Казьмин В.Г., Лобковский Л.И., Пустовитенко Б.Г. Современная кинематика микроплит в Черноморско-Южно-Каспийском регионе // Океанология. 2004. Т. 44. № 4. С. 600–610.
10. Геологическая карта Кавказа. Масштаб 1 : 500 000 / Гл. ред. Д.В. Наливкин. М.: НПО «Аэрогеология», 1978.
11. Гравиметрическая карта СССР. Масштаб 1 : 2 500 000 / Гл. ред. П.П. Степанов, М.А. Якушевич. М.: ВНИИ «Геофизика», 1990.
12. Годзиковская А.А. Каталог землетрясений Кавказа // <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/catrudat.html>.
13. Бурьянов В.Б., Соловьёв В.Д. Исследование гравитационных максимумов северного и западного обрамления Черноморской впадины // Геофизические параметры литосферы южного сектора альпийского орогена. Киев: Наукова думка, 1996. С. 111–119.
14. Маловичко А.А., Габсатарова И.П. Сейсмическая опасность и сейсмический мониторинг Причерноморья Российской Федерации // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. 2012. № 1. С. 98–105.
15. Габсатарова И.П., Никонов А.А., Каменская О.П., Фрейфель Л.Д. Реконструкция макроскопических полей землетрясений Северо-Западного Кавказа с целью уточнения сейсмической опасности региона // Глубинное строение, минералогия, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской



- платформы и сопредельных регионов. Воронеж: Научная книга, 2016. С. 117–122.
16. Стогний Г.А., Стогний В.В. Тектонические условия сейсмичности Северо-Западного сегмента и южного склона Центрального сегмента Большого Кавказа // Глубинное строение, минералогия, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Воронеж: Научная книга, 2016. С. 383–387.
  17. Павленкова Г.А. Строение земной коры Кавказа по профилям ГСЗ Степное-Бакуриани и Волгоград-Нахичевань (результаты переинтерпретации первичных данных) // Физика Земли. 2012. № 5. С. 16–23.
  18. Павленко О.В. Оценка добротности коры и верхней мантии в окрестностях Сочи и Анапы (Северный Кавказ) // Физика Земли. 2016. № 3. С. 19–30.
  19. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П., Шумилова Л.С. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе // Физика Земли. 2007. № 7. С. 31–45.
- ### References
1. Krasniy L.I. Geobloki [Geoblocks]. *Geotectonika* [Geotectonics], 1967, no. 5, pp. 103–120. (In Russian)
  2. Galetsky L.S., Shmidt A.A., Titov V.K., Kossovskaya V.A. Tektonika i metallogeniya Vostochno-Evropeyskoy platformy na osnove geoblokovogo stroeniya i aktivizatsii zemnoy kory [Tectonics and metallogeny of the East-European platform on the basis of a geoblock structure and activation of the Earth's crust]. *Geologicheskii zhurnal* [Geological journal], 1990, no. 2, pp. 49–56. (In Russian)
  3. Oparin V.N., Kurlena M.V. Zonal'naya dezintegratsiya i ierarkhicheskiy ryad geoblokov [Zonal disintegration and hierarchical series of geoblocks]. *Mekhanika gornnykh porod* [Mechanics of rocks], 1994, no. 2, pp. 14–26. (In Russian)
  4. Sharov V.I. Tektonicheskiy protsess kak neravnovesniy protsess razrusheniya gorykh porod (k probleme smeny paradigmy v seysmologii) [Tectonic process as a nonequilibrium thermodynamic process of rocks destruction (to the problem of paradigm shift in seismology)]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 1992, no. 5, pp. 121–127. (In Russian)
  5. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. Vneshniy analiz v probleme skrytykh defektov i prognoze zemletryaseniya [External analysis the problem of latent defects and the prediction of earthquakes]. *Ekologicheskii vestnik nauchnykh tsentrov chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation], 2016, no. 2, pp. 19–28. (In Russian)
  6. Stogny G.A., Stogny V.V. Seysmotektonicheskaya model' Verkhoyano-Kolymskoy orogennoy oblasti (Severo-vostok Rossii) [Seismotectonic model of the Verkhoyansk-Kolyma orogenic region (Northeast of Russia)]. *Ekologicheskii vestnik nauchnykh tsentrov chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation], 2014, no. 4, pp. 79–87. (In Russian)
  7. Soloviev A.I., Gorshkov A.I., Soloviev A.I. Primenenie dannykh po litosfernym magnitnym anomaliyam v zadache raspoznavaniya mest vozmozhnogo vozniknoveniya zemletryaseniya [Application of data on lithospheric magnetic field anomaly in problem of recognition of places possible occurrence of earthquake]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2016, no. 6, pp. 21–27. (In Russian)
  8. Vardapetyan A.N. Pozdnekaynozoyanskaya tektonika plit Chernomorsko-Kaspiyskogo regiona [Late Cenozoic plate tectonics of the Black Sea-Caspian region]. *Okeanologiya* [Oceanology], 1979, vol. XIX, no. 6, pp. 1066–1075. (In Russian)
  9. Kazmin V.G., Lobkovsky L.I., Pustovitenko B.G. Sovremennaya kinematika mikroplit v Chernomorsko-Yuzhno-Kaspiyskom regione [Modern kinematics microplates in the Black Sea-South Caspian region]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2004, vol. 44, no. 4, pp. 600–610. (In Russian)
  10. Nalivkin D.V. (ed.) *Geologitsyetskaya karta Kavkaza. Masshtab 1 : 500 000* [Geological map of the Caucasus. Scale 1 : 500 000]. Moskva: NPO "Aerogeologiya", 1978.
  11. Stepanov P.P., Yakushevich M.A. (eds.) *Gravimetricheskaya karta SSSR. Masshtab 1 : 2 500 000* [Gravimetric map of the USSR. Scale 1 : 2 500 000]. Moscow, VNIIGeofizika Publ., 1978.
  12. Godzikovskaya A.A. *Katalog zemletryaseniya Kavkaza* [Catalog of earthquakes in the Caucasus]. <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/catrudat.html>. (In Russian)
  13. Buriyanov V.B., Soloviev V.D. Issledovanie gravitatsionnykh maksimumov severnogo i zapadnogo obramleniya Chernomorskoy vpadiny [Investigation of the gravity maxima of the northern and western regions of the Black Sea depression]. In *Geofizicheskie parametry litosfery yudnogo sektora al'piyskogo orogena* [Geophysical parameters of the lithosphere of the southern sector of the Alpine orogen]. Kiev, Naukova Dumka, 1996, pp. 111–119. (In Russian)
  14. Malovichko A.A., Gabsatarova I.P. Seysmicheskaya opasnost' i seysmicheskiy monitoring

- Prichernomor'ya Rossiyskoy Federatsii [Seismic danger and seismic monitoring of Black Sea coast of the Russia Federation]. *Ekologicheskii vestnik nauchnykh tsentrov chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation], 2012, no. 1, pp. 98–105. (In Russian)
15. Gabsatarova I.P., Nikonov A.A., Kamenskaya O.P., Freyfel L.D. Rekonstruktsiya makroskopicheskikh poley zemletryaseniy Severo-Zapadnogo Kavkaza s tsel'yu utochneniya seysmicheskoy opasnosti regiona [Reconstruction of macroscopic fields of earthquakes in the North-Western Caucasus with the aim of clarifying the seismic hazards in the region]. In *Glubinnoye stroeniye, minerageniya, sovremennaya geodinamika i seysmichnost' Vostochno-Evropeyskoy platformy i sopredel'nykh regionov* [Deep structure, metallogeny, modern geodynamics and seismicity of the East European platform and adjacent regions]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2016, pp. 117–122. (In Russian)
  16. Stogny G.A., Stogny V.V. Tektonicheskie usloviya seysmichnosti Severo-Zapadnogo segmenta i yuzhnogo sklona Tsentral'nogo segmenta Bol'shogo Kavkaza [Tectonic conditions seismicity of the North-West segment and the Southern slope of the Central segment of the Greater Caucasus]. In *Glubinnoye stroeniye, minerageniya, sovremennaya geodinamika i seysmichnost' Vostochno-Evropeyskoy platformy i sopredel'nykh regionov* [Deep structure, metallogeny, modern geodynamics and seismicity of the East European platform and adjacent regions]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2016, pp. 383–387. (In Russian)
  17. Pavnenkova G.A. Stroenie zemnoy kory Kavkaza po profilyam GSZ Stepnoe-Bakuriani i Volgograd-Nakhichevan' (rezul'taty pereinterpretatsii pervichnykh dannykh) [The structure of the Earth's crust of the Caucasus on the profile of the DSS Stepnoye-Bakuriany and Volgograd-Nakhichevan (the results of reinterpretation of primary data)]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2012, no. 5, pp. 21–27. (In Russian)
  18. Pavlenko O.V. Otsenka dobrotnosti kory i verkhney mantii v okrestnostyakh Sochi i Anapy (Severniy Kavkaz) [The estimation of the quality factor of the crust and upper mantle in the vicinity of Sochi and Anapa (Northern Caucasus)]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2016, no. 3, pp. 19–30. (In Russian)
  19. Ulomov V.I., Danilova T.I., Medvedeva N.S., Polyakova T.P., Shumilova L.S. K otsenke seysmicheskoy opasnosti na Severnom Kavkaze [To assess the seismic hazards in the North Caucasus]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2007, no. 7, pp. 31–45. (In Russian)