

ФОРМИРОВАНИЕ ВЕРХНЕМАНТИЙНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Стогний Валерий Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Кубанский государственный университет, 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: stogny_vv@mail.ru

Стогний Галина Александровна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Кубанский государственный университет, 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: stogny_vv@mail.ru

Распределение верхнемантийных землетрясений Крымско-Кавказской сейсмической зоны, включающей сейсмоопасные районы Крыма и Большого Кавказа, крайне не равномерно. Концентрация их эпицентров наблюдается в пределах Керченско-Таманского прогиба (Керченско-Таманский район), в пограничной области северного склона Большого Кавказа с Терско-Каспийским прогибом (Терско-Сунженский район) и в юго-западном сегменте Среднего Каспия. Для Керченско-Таманского и Терско-Сунженского районов верхнемантийных землетрясений проведен анализ распределения их эпицентров по отношению к структурным элементам консолидированного слоя земной коры. Эпицентры землетрясений Керченско-Таманского района сосредоточены в пределах Фанагорийского блока Восточно-Черноморского геоблока, а распределение эпицентров землетрясений Терско-Сунженского района по отношению к тектоническим нарушениям не подчиняется какой-либо закономерности. Локальный характер проявления очагов верхнемантийных землетрясений в большей степени отвечает сейсмогеодинамической модели реологической неоднородности верхней мантии при ведущей роли глубинных флюидов в формировании очагов.

Ключевые слова: землетрясение, Крымско-Кавказская сейсмическая зона, земная кора, верхняя мантия, реология, флюидодинамический фактор

FORMATION OF UPPER-MANTLE EARTHQUAKES IN THE CRIMEAN-CAUCASIAN SEISMIC ZONE

Stogniy Valeriy V., D.Sc. in Geology & Mineralogy, Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation, e-mail: stogny_vv@mail.ru

Stogniy Galina A., D.Sc. in Geology & Mineralogy, Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia, e-mail: stogny_vv@mail.ru

The distribution of the upper mantle earthquakes of the Crimean-Caucasian seismic zone, including seismically dangerous regions of the Crimea and the Greater Caucasus, is extremely uneven. The concentration of their epicenters is observed within the Kerch-Taman trough (Kerch-Taman region), in the border area of the northern slope of the Greater Caucasus with the Terek-Caspian trough (Tersko-Sunzhensky region) and in the south-western segment of the Middle Caspian. For the Kerch-Taman and Tersko-Sunzhensky areas of upper mantle earthquakes, the distribution of epicenters with respect to the structural elements of the consolidated layer of the earth's crust is analyzed. Epicenters of earthquakes in the Kerch-Taman region are concentrated mainly on the area of the Phanagorian block of the East-Black Sea geoblock, the distribution of the earthquake epicenters of the Tersko-Sunzhensky region with respect to tectonic disturbances of the consolidated layer of the earth's crust is not subject to any regularity. The local character of the manifestations of the foci of upper mantle earthquakes corresponds more closely to the seismogeodynamic model of the rheological heterogeneity of the upper mantle with the leading role of deep fluids in the formation of foci.

Keywords: earthquake, Crimean-Caucasian seismic zone, earth crust, upper mantle, rheology, fluid dynamic factor

Крымско-Кавказская зона относится к Средиземноморскому сейсмическому поясу, в пределах которого землетрясения с глубинами гипоцентров 50–160 км формируют ряд районов. Для Крымско-Кавказской сейсмической зоны, включающей сейсмоактивные районы Крыма и Большого Кавказа, характерны коровые землетрясения, а распределение верхнемантийных землетрясений как по площади, так и по глубине очага крайне не равномерно. В её пределах можно выделить три наиболее хорошо изученных района проявления верхнемантийных землетрясений с магнитудой $M \leq 4$ – это Керченско-Таманский [4], Терско-Сунженский [6] и юго-западная часть Среднего Каспия [9].

На территории Румынии, западнее Крымско-Кавказской сейсмической зоны, в области сочленения Восточных и Южных Карпат хорошо изучена зона Вранча. Глубина очагов землетрясений зоны Вранча составляет 80–160 км при M до 6 и взбросо-сдвиговом типе подвижки. Согласно В.И. Старостенко с соавторами [12], очаговая область зоны Вранча представляет собой субвертикальный блок литосферы, характеризующийся разнонаправленным сбросом напряжений на различных глубинах.

С конца прошлого XX в. формирование сейсмичности Крымско-Кавказской зоны обычно рассматривают в рамках плитной тектоники, а к сейсмогенерирующим структурам верхнемантийных землетрясений относят зоны субдукции либо псевдосубдукции. Так, по [4] гипоцентры слабых ($M < 4$) землетрясений с глубиной 50–90 км Керченско-Таманского района формируют сейсмофокальную зону, погружающуюся в северном направлении примерно под углом 30° . В связи с этим предполагается субдукция Восточно-Черноморской плиты под Скифскую. Модель формирования верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района в условиях субдукции Закавказской плиты под Большой Кавказ рассмотрена в работе [9].

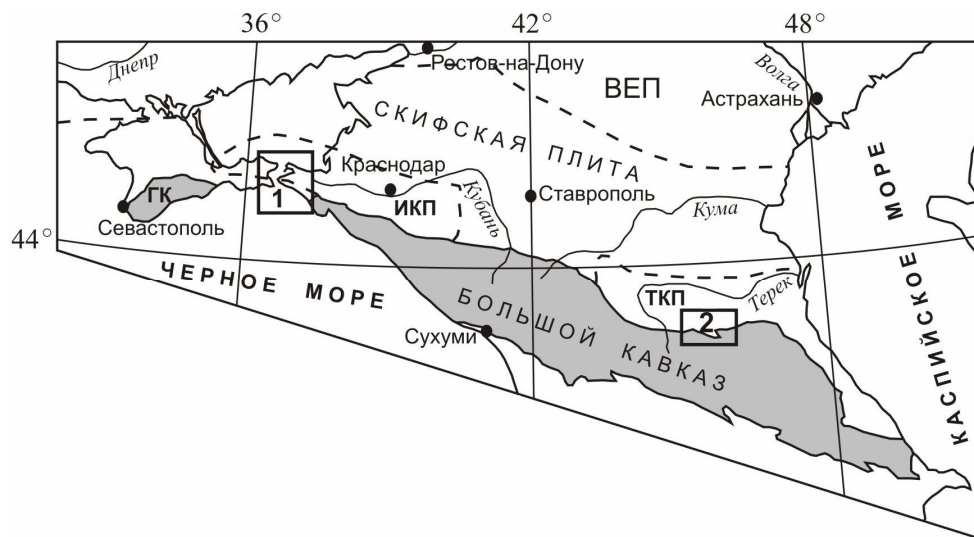


Рис. 1. Схема расположения Керченско-Таманского и Терско-Сунженского районов верхнемантийных землетрясений Крымско-Кавказской сейсмической зоны. Буквами и цифрами обозначены предгорные прогибы: ИКП – Индоло-Кубанский, ТКП – Терско-Каспийский; ГК – складчатое сооружение Горного Крыма; 1, 2 – районы верхнемантийных землетрясений: 1 – Керченско-Таманский, 2 – Терско-Сунженский

Для Керченско-Таманского и Терско-Сунженского районов верхнемантийных землетрясений (рис. 1) проведен анализ распределение эпицентров землетрясений по отношению к тектонической структуре консолидированного слоя земной коры и с учётом этого предложена модель формирования верхнемантийных землетрясений данных районов. Керченско-Таманский район верхнемантийных землетрясений приурочен к Индоло-Кубанскому и Керченско-Таманскому прогибам. Эпицентры верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района локализованы главным образом в пределах Терско-Каспийского предгорного прогиба и лишь в своей южной части захватывают складчатые структуры Большого Кавказа.

Керченско-Таманский район верхнемантийных землетрясений. В пределах Керченско-Таманского сейсмического района известны исторические землетрясения с $M = 6$ и более. Сюда следует отнести катастрофическое Понтикапейское землетрясение 63 г. до н.э. ($M = 6,4$), разрушившим ряд городов по обе стороны Керченского пролива, Керченское землетрясение 275 г. ($M = 6,4$) и Нижнекубанское землетрясение 1879 г. ($M = 6,0$). Восточная часть Керченско-Таманского района верхнемантийных землетрясений захватывает Анапский сейсмический район, в тектоническом отношении расположенный на северо-западном окончании мегаантиклинория Большого Кавказа.

Согласно [4] эпицентры слабых ($M < 4$) землетрясений с глубиной гипоцентра 50–90 км, произошедшие за период 1970–2013 гг., расположены в пределах Керченского и Таманского полуостровов и разделяющего их Керченско-Таманского прогиба. При этом гипоцентры формируют сейсмофокальную зону, погружающуюся в северном направлении примерно под углом 30° , наличием которой объясняется нахождение в северной части Керченского и Таманского полуостровов, а также в Азовском море эпицентров наиболее глубоких (70–90 км) землетрясений.

Эпицентры верхнемантийных землетрясений Керченско-Таманского района в тектоническом отношении приурочены к Индоло-Кубанскому и Керченско-Таманскому прогибам. Керченско-Таманский прогиб, разделяющий складчатые сооружения Горного Крыма и Большого Кавказа и включающий также Таманский полуостров и юго-восточную часть Керченского полуострова, имеет наложенный характер и сформировался одновременно с началом становления Крымского и Кавказского орогенов и Индоло-Кубанского прогиба, по отношению к которому он занимает приподнятое положение [15].

Глубинное строение Керченско-Таманского и Индоло-Кубанского прогибов изучено по профилям СГС-28, СГС-29 и DOBRE-5. Профиль СГС-28 пересекает (с севера на юг) ближайшие выходы метаморфических пород Украинского щита, Скифскую плиту и Индоло-Кубанский прогиб. Мощность земной коры Керченского полуострова по профилю СГС-28 оценивается в 45 км при мощности осадочного слоя до 11 км в центральной части Индоло-Кубанского прогиба [1]. В структуре гравитационного поля Керченско-Таманский и Индоло-Кубанский прогибы выделяются общим гравитационным минимумом амплитудой до 100 мГал. При этом Керченско-Таманский прогиб в плане соответствует его юго-западной гравитационной ступени.

Схема блоковой делимости литосферы Северо-Западного Кавказа и Керченского полуострова разработана по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов [14]. Консолидированный слой зем-

ной коры в системе блоковой делимости представлен областью взаимодействия Восточно-Черноморского и Азово-Каспийского литосферных геоблоков, разграниченных Крымским и Западнокавказским разломами (рис. 2). Азово-Каспийский геоблок в рамках рассматриваемой территории представлен главным образом Индолюкubanским блоком Скифской плиты, а континентальный и морской сегменты Восточно-Черноморского геоблока – Анапским, Фанагорийским и Морским блоками второго порядка. Анапский и Морской блоки ограничены Таманским и Новороссийским разломами северо-восточного простирания, а Фанагорийский блок с севера – межгеоблоковым Крымским разломом.

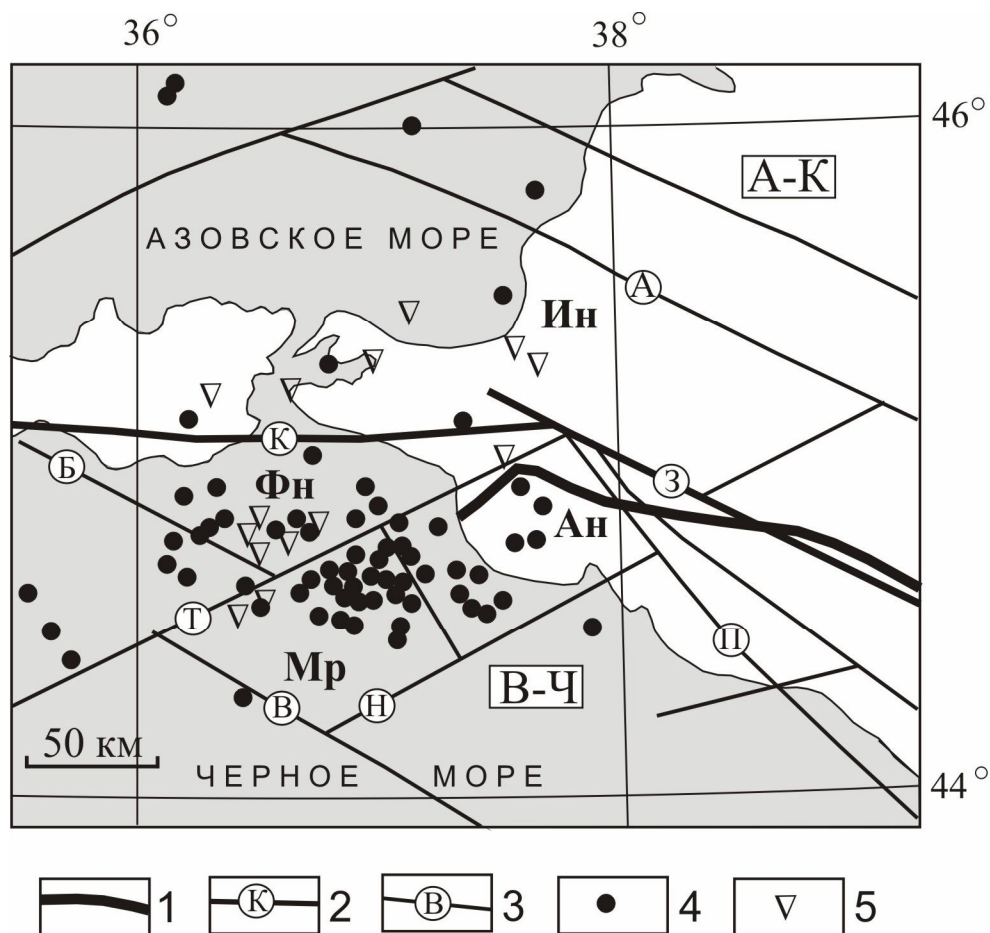


Рис. 2. Распределение эпицентров слабых ($M < 3$) верхнемантийных землетрясений Керченско-Таманского сейсмического района по отношению к блоковой структуре консолидированного слоя земной коры. Эпицентры землетрясений вынесены по данным [4]. 1 – северо-западная граница Большого Кавказа; 2 – межгеоблоковые разломы: 3 – Западно-Кавказский, К – Крымский; 3 – межблоковые разломы: А – Азово-Каспийский, Б – Бурунский, В – Восточночерноморский, Т – Таманский, Н – Новороссийский, П – Причерноморский; 4□5 – эпицентры слабых ($M < 3$) землетрясений с глубиной гипоцентра: 4 – 30□50 км, 5 – более 50 км. Литосферные геоблоки: А-К – Азово-Каспийский, В-Ч – Восточно-Черноморский. Блоки: Ан – Анапский, Ин – Индолюкubanский, Mr – Морской, Фн – Фанагорийский

Эпицентры землетрясений с глубиной очага 30–50 км локализованы в основном в Анапском и Морском блоках, ограниченных Таманским и Новороссийским разломами северо-восточного простирания. Анапский блок является сейсмогенерирующей структурой одноимённого сейсмоактивного района, формирование сейсмичности которого по [14] связано с процессами перемещения Анапского блока Восточно-Черноморского геоблока в направлении Азово-Каспийского. Слабые ($M < 3$) землетрясения с глубиной гипоцентра 30–50 км зарегистрированы по всей причерноморской зоне Крыма и Западного Кавказа. Сейсмоактивные Анапский, Фанагорийский и Морской блоки Восточно-Черноморского геоблока (рис. 2), имеющие небольшую (600–1000 км²) площадь, характеризуются низкими параметрами добротности земной коры. По данным О.В. Павленко [10] полученные значения параметров сброшенных в очагах напряжений в районе Анапы типичны для районов с мелкоблочной структурой земной коры.

Эпицентры землетрясений с глубиной очага более 50 км на схеме строения консолидированной земной коры расположены главным образом в пределах Фанагорийского и Индолукубанского блоков, причём в Фанагорийском блоке они сконцентрированы на небольшой площади (20×30 км), а в южной части Индолукубанского блока имеют рассеянный характер (рис. 2). Локальный характер проявления очагов землетрясений на глубинах более 50 км в большей степени отвечает сейсмогеодинамической модели реологической неоднородности верхней мантии, а не процесса субдукции Восточно-Черноморской плиты. Область перехода земная кора-верхняя мантия является тектонически расслоенной, подвижки в пределах которой в условиях дилатансии (растяжение-сжатие), по нашему мнению, могут приводить к формированию очага землетрясения.

Терско-Сунженский район верхнемантийных землетрясений. В пограничной области северного склона Большого Кавказа и западной части Терско-Каспийского прогиба расположен Терско-Сунженский район верхнемантийных землетрясений с $M = 3,5–4,5$ при глубинах очага в интервале 80–140 км. Так, очаг землетрясения произошедшего 17.07.1976 г. ($M = 4,3$) имеет глубину 125 км, а 18.01.1978 г. ($M = 3,4$) – глубину 94 км. Эпицентры землетрясений Терско-Сунженского сейсмического района с глубиной гипоцентра более 100 км локализованы на площади 30×50 км. Вдоль западного фланга Терско-Сунженского сейсмического района был пройден профиль ГСЗ Степное-Бакуриани [11], согласно полученным материалам мощность осадочного выполнения Терско-Каспийского прогиба не превышает 7 км при мощности земной коры 40–42 км.

Тектоническое строение консолидированного слоя земной коры северо-восточного склона Большого Кавказа и Терско-Каспийского прогиба разработано на основе анализа гравитационного поля данного региона в системе блоковой делимости литосферы (рис. 3). Консолидированный слой земной коры в контурах рассматриваемого региона широтными и диагональными разломами разбит на Владикавказский, Верхнетерский, Кубачинский, Терский и Ширакский блоки. Северокавказский широтный разлом представлен несколькими фрагментами, которые практически соответствуют границе северо-восточного склона Большого Кавказа. Владикавказский и Терский блоки являются фундаментом Терско-Каспийского передового прогиба, наиболее погруженная часть которого, в плане соответствующая одноимённому гравитационному минимуму, приурочена к Терскому блоку.

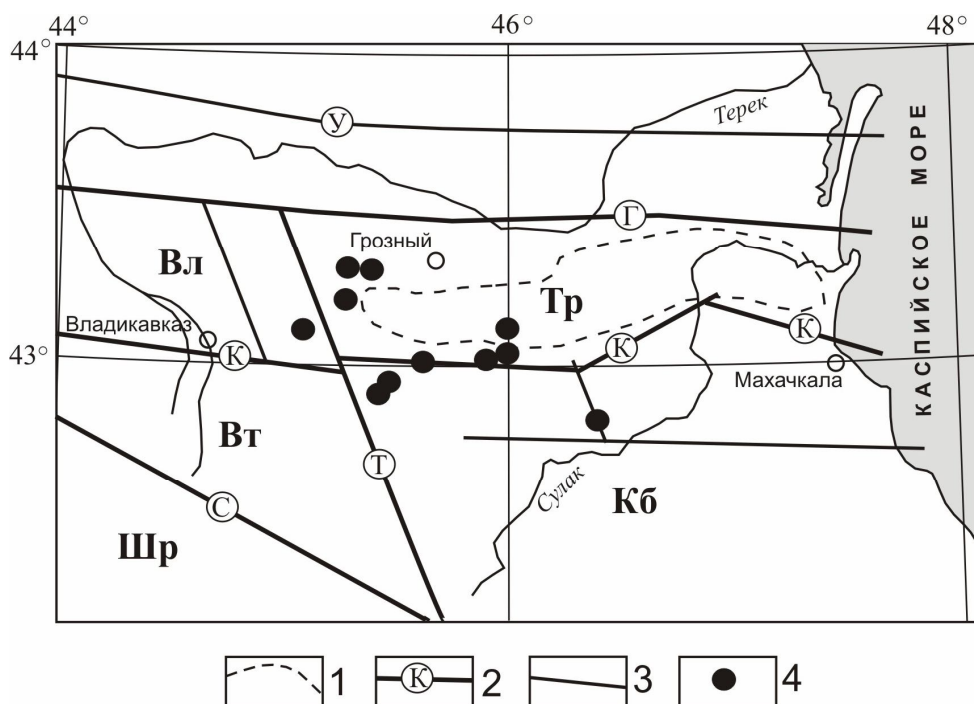


Рис. 3. Распределение эпицентров землетрясений с глубиной очага более 100 км Терско-Сунженского сейсмического района по отношению к блоковой структуре консолидированного слоя земной коры. Эпицентры землетрясений вынесены по [5].
 1 – наиболее погруженная часть Терско-Каспийского прогиба, в плане соответствующая гравитационному минимуму; 2 – межблоковые разломы: С – Сването-Алазанский, Т – Транскавказский, К – Северокавказский, Г – Грозненский, У – Уруп-Терский; 3 – внутриблоковые разломы; 4 – эпицентры землетрясений с глубиной очага более 100 км. Блоки: Вл – Владикавказский; Вт – Верхнератский; Кб – Кубачинский; Тр – Терский; Шр – Ширакский

Распределение эпицентров землетрясений с глубиной очага более 100 км по отношению к тектоническим нарушениям консолидированного слоя земной коры не подчиняется какой-либо закономерности (рис. 3). Эпицентры землетрясений окаймляют западную наиболее погруженную часть Терско-Каспийского прогиба, ряд эпицентров землетрясений располагается в зоне Северокавказского глубинного разлома.

Северная часть Терско-Сунженского района верхнемантийных землетрясений захватывает контуры одноименного района Терско-Каспийской нефтегазоносной области с крупными Старогрозненским нефтегазовым и Октябрьским нефтяным месторождениями. На глубине 5,3 км в трещиноватых известняках Старогрозненского месторождения вскрыта залежь газа. Совпадение в плане нефтегазоносного и сейсмического районов позволяет предположить ведущую роль флюидов в формировании очагов верхнемантийных землетрясений. Землетрясения Терско-Сунженского сейсмического района имеют магнитуду от 3,5 до 4,5. Флюидодинамический фактор в данном случае, по-видимому, не создаёт условия в локально расслоенной пластичной верхней мантии для накопления в очаге энергии, необходимой для реализации сильных землетрясений [14].

Условия формирования верхнемантийных землетрясений Крымско-Кавказской сейсмической зоны. Для верхнемантийных землетрясений зоны Вранча, Керченско-Таманского, Терско-Сунженского районов и Среднего Каспия Средиземноморского сейсмического пояса можно отметить следующие характерные черты. В тектоническом отношении они приурочены к области перехода складчатое сооружение – прогиб, выполненный осадочными отложениями мощностью более 10 км. Отмечается резкое уменьшение мощности земной коры при переходе от складчатого сооружения к прогибу [1, 11]. Так, для Терско-Сунженского района мощность земной коры уменьшается с 50 км (Большой Кавказ) до 42 км (Терско-Каспийский прогиб). Глубина границы Мохоровичича Керченско-Таманского района мантийных землетрясений по субдолготным профилям СГС-28 и СГС-29, пройденным через Керченский полуостров, уменьшается с 45 до 42 км как в направлении к Индоло-Кубанскому прогибу, так и в южном направлении к Керченско-Таманскому прогибу. Поэтому точка зрения А.А. Годзиковской и Г.А. Рейснер [6] о связи очагов верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района со специфическим типом земной коры и её современным состоянием (переходом одного типа земной коры в другой) остается актуальной.

Эпицентры землетрясений рассматриваемых объектов сконцентрированы сравнительно на небольшой площади, что предполагает наличие локального сейсмогенерирующего объекта в мантии, её аномальное состояние. Глубинное строение мантии наиболее хорошо изучено для зоны Вранча. По скоростным характеристикам зона верхнемантийных землетрясений Вранча на глубине 75-300 км приурочена к субвертикальной области контакта высокоскоростной литосферы Восточно-Европейской платформы и низкоскоростной литосферы Средиземноморского подвижного пояса [12].

Мантия Керченско-Таманского района согласно И.В. Бугаенко с соавторами [3] на горизонтальных сечениях 150, 200 и 250 км представлена локальной высокоскоростной аномалией. По данным А.В. Горбатикова с соавторами [7] в глубинном строении осевой части и северного крыла Центрального сегмента Большого Кавказа на глубинах 10–60 км присутствует субвертикальная низкоскоростная область, образование которой связывается с наличием трещин, заполненных минерализованным флюидом. В скоростном разрезе по профилю ГСЗ Степное-Бакуриани [11] в литосфере Терско-Сунженского сейсмического района на глубинах 60 и 70 км наблюдаются границы отражения волн, что может свидетельствовать о расслоенности верхней мантии. Поэтому уместно отметить точки зрения В.В. Белоусова [2], что деформации Большого Кавказа могут возникать вследствие внутренних процессов дифференциации вещества в верхних горизонтах литосферы, и Л.И. Тулиани [16], анализировавшую сейсмичность Большого Кавказа на основе термодинамических и реологических параметров литосферы.

Керченско-Таманский и Терско-Сунженский районы верхнемантийных землетрясений приурочены к нефтегазоносными бассейнам. Совпадение в плане нефтегазоносного и сейсмического районов позволяет предположить ведущую роль флюидов в формировании очагов верхнемантийных землетрясений. Мантийные флюиды в [12] рассматриваются в качестве триггеров, вызывающих высокую частотность землетрясений зоны Вранча. По мнению И.Г. Киссина [8], воздействие флюидов способствует формированию реологии среды и деформациям в очаге землетрясений.

Верхнемантийные землетрясения Керченско-Таманского и Терско-Сунженского районов имеют магнитуду от 3,5 до 4,5. Флюидодинамический фактор в данном случае не создаёт условия в локально расслоенной пластичной верхней мантии для накопления в очаге энергии, необходимой для реализации сильных землетрясений, нарушение флюидодинамического равновесия по-видимому приводит лишь к изменению локального поля напряжений в мантии.

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

Список литературы

1. Баранова Е. П. Переинтерпретация сейсмических материалов ГСЗ и гравитационное моделирование по профилям 25, 28 и 29 в Черном и Азовском морях / Е. П. Баранова, Т. П. Егорова, В. Д. Омельченко // Геофизический журнал. – 2008. – Т. 30, № 5. – С. 124–144.
2. Белоусов В. В. Большой Кавказ как тектоническая лаборатория / В. В. Белоусов // Проблемы геодинамики Кавказа. – Москва : Наука, 1982. – С. 9–13.
3. Бугаенко И. В. Трёхмерная Р-скоростная модель мантии Черного моря и прилегающей территории / И. В. Бугаенко, Л. А. Шумлянская, Л. Н. Заец, Т. А. Цветкова // Геофизический журнал. – 2008. – Т. 30, № 5. – С. 145–177.
4. Гобаренко В. С. Современные коллизионные процессы на северной окраине Чёрного моря / В. С. Гобаренко, А. В. Муровская, Т. П. Егорова, Шеремет Е. Е. // Геотектоника. – 2016. – № 4. – С. 68–87.
5. Годзиковская А. А. Каталог землетрясений Кавказа / А. А. Годзиковская. – Режим доступа: <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/catrudat.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
6. Годзиковская А. А. Эндогенная позиция глубоких землетрясений Кавказа / А. А. Годзиковская, Г. А. Рейснер // Геотектоника. – 1989. – № 3. – С. 15–25.
7. Горбатиков А. В. Особенности глубинного строения и современной тектоники Большого Кавказа в Осетинском секторе по комплексу геофизических данных / А. В. Горбатиков, Е. А. Рогожин, М. Ю. Степанова, Ю. В. Харазова, Н. В. Андреева, Ф. В. Передерин, В. Б. Заалишвили, Д. А. Мельков, Б. В. Дзеранов, Б. А. Дзедобоев, А. Ф. Габараев // Физика Земли. – 2015. – № 1. – С. 28–39.
8. Киссин И. Г. О системном подходе в проблеме прогноза землетрясений / И. Г. Киссин // Физика Земли. – 2013. – № 4. – С. 145–160.
9. Ковачёв С. А. Новые данные о мантийной сейсмичности Каспийского региона и их геологическая интерпретация / С. А. Ковачёв, В. Г. Казьмин, И. П. Кузин, Л. И. Лобковский // Геотектоника. – 2009. – № 3. – С. 30–44.
10. Павленко О. В. Оценка добротности коры и верхней мантии в окрестностях Сочи и Анапы (Северный Кавказ) / О. В. Павленко // Физика Земли. – 2016. – № 3. – С. 19–30.
11. Павленкова Г. А. Строение земной коры Кавказа по профилям ГСЗ Степное-Бакуриани и Волгоград-Нахичевань (результаты переинтерпретации первичных данных) / Г. А. Павленкова // Физика Земли. – 2012. – № 5. – С. 16–23.
12. Старостенко В. И. Геодинамическая граница и землетрясения зоны Вранча / В. И. Старостенко, А. В. Кендзера, И. В. Бугаенко, А. Н. Островский, Т. А. Цветкова // Глубинное строение, минерагения, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. – Воронеж : Научная книга, 2016. – С. 379–383.
13. Стогний Г. А. Природа верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского сейсмического района Большого Кавказа / Г. А. Стогний, Л. В. Ключина // Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. – Майкоп : О. Г. Магарин, 2016. – С. 112–114.
14. Стогний Г. А. Тектонические условия сейсмичности северо-западного сегмента и южного склона Центрального сегмента Большого Кавказа / Г. А. Стогний, В. В. Стогний // Глубинное строение, минерагения, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. – Воронеж : Научная книга, 2016. – С. 383–387.
15. Тектоника южного обрамления Восточно-Европейской платформы / под ред. В. Е. Хаина, В. И. Попкова. – Краснодар : Кубан. гос. ун-т, 2009. – 213 с.
16. Тулиани Л. И. Сейсмичность и сейсмическая опасность: на основе термодинамических и реологических параметров литосферы. – Москва : Научный мир, 1999. – 216 с.

References

1. Baranova Ye. P., Yegorova T. P., Omelchenko V. D. Pereinterpretatsiya seysmicheskikh materialov GSZ i gravitatsionnoye modelirovaniye po profilyam 25, 28 i 29 v Chernom i Azovskom moryakh [Reinterpretation of DSS seismic data and gravity modeling on profiles 25, 28 and 29 in the Black and Azov Seas]. *Geofizicheskiy zhurnal* [Geophysical Journal], 2008, vol. 30, no. 5, pp. 124–144.
2. Belousov V. V. Bolshoy Kavkaz kak tektonicheskaya laboratoriya [Greater Caucasus as a tectonic laboratory]. *Problemy geodinamiki Kavkaza* [Problems of Geodynamics of the Caucasus], Moscow, Nauka Publ., 1982, pp. 9–13.
3. Bugaenko I. V., Shumlyanskaya L. A., Zaets L. N., Tsvetkova T. A. Trekhmernaya P-skorostnaya model mantii Chernogo morya i prilegayushchey territorii [Three-dimensional P-velocity model of the mantle of the Black Sea and adjacent territory]. *Geofizicheskiy zhurnal* [Geophysical Journal], 2008, vol. 30, no. 5, pp. 145–177.
4. Gobarenko V. S., Murovskaya A. V., Yegorova T. P., Sheremet Ye. Ye. Sovremennyye kollizionnyye protsessy na severnoy okraine Chornogo morya [Modern collision processes on the northern edge of the Black Sea]. *Geotektonika* [Geotectonics], 2016, no. 4, pp. 68–87.
5. Godzikovskaya A. A. *Katalog zemletryaseniy Kavkaza* [Catalog of earthquakes of the Caucasus]. Available at: <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/catrudat.html>.
6. Godzikovskaya A. A., Reysner G. A. Endogennaya pozitsiya glubokikh zemletryaseniy Kavkaza [Endogenous position of deep earthquakes in the Caucasus]. *Geotektonika* [Geotectonics], 1989, no. 3, pp. 15–25.
7. Gorbatikov A. V., Rogozhin Ye. A., Stepanova M. Yu., Kharazova Yu. V., Andreeva N. V., Perederin F. V., Zaalishvili V. B., Melkov D. A., Dzeranov B. V., Dzeboev B. A., Gabaraev A. F. Osobennosti glubinnogo stroyeniya i sovremennoy tektoniki Bolshogo Kavkaza v Osetinskom sektore po kompleksu geofizicheskikh dannykh [Features of the deep structure and modern tectonics of the Greater Caucasus in the Ossetian sector on a complex of geophysical data]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2015, no. 1, pp. 28–39.
8. Kissin I. G. O sistemnom podkhode v probleme prognoza zemletryaseniy [About the system approach in the problem of the forecast of earthquakes]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2013, no. 4, pp. 145–160.
9. Kovachev S. A., Kazmin V. G., Kuzin I. P., Lobkovskiy L. I. Novyye dannyye o mantiynoy seysmichnosti Kaspiyskogo regiona i ikh geologicheskaya interpretatsiya [New data on the mantle seismicity of the Caspian region and their geological interpretation]. *Geotektonika* [Geotectonics], 2009, no. 3, pp. 30–44.
10. Pavlenko O. V. Otsenka dobrotnosti kory i verkhney mantii v okrestnostyakh Sochi i Anapy (Severnyy Kavkaz) [Evaluation 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.
11. Pavlenkova G. A. Stroenie zemnoy kory Kavkaza po profilyam GSZ Stepnoye-Bakuriani i Volgograd-Nakhichevan (rezultaty pereinterpretatsii pervichnykh dannykh) [The structure of the Earth's crust of the Caucasus on the profiles of the DSS Stepnoe-Bakuriani and Volgograd-Nakhichevan (the results of the reinterpretation of primary data)]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 2012, no. 5, pp. 16–23.
12. Starostenko V. I., Kendzera A. V., Bugaenko I. V., Ostrovskiy A. N., Tsvetkova T. A. Geodinamicheskaya granitsa i zemletryaseniya zony Vrancha [Geodynamic boundary and earthquakes of the Vrancha zone]. *Glubinnoye stroyeniye, minerageniya, sovremennaya geodinamika i seysmichnost' Vostochno-Yevropeyskoy platformy i sopredel'nykh regionov* [Deep Structure, Mineralogy, Modern Geodynamics and Seismicity of the East European Platform and Adjacent Regions], Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2016, pp. 379–383.
13. Stogniy G. A., Klyubina L. V. Priroda verkhnemantiynykh zemletryaseniy Tersko-Sunzhenskogo seysmicheskogo rayona Bolshogo Kavkaza [The nature of the upper mantle earthquakes of the Tersko-Sunzhensky seismic region of the Greater Caucasus]. *Vulkanizm, biosfera i ekologicheskiye problemy* [Volcanism, the Biosphere and Environmental Problems], Maykop, O. G. Magarin Publ. Hou, 2016, pp. 112–114.
14. Stogniy G. A., Stogniy V. V. Tektonicheskie usloviya seysmichnosti severo-zapadnogo segmenta i yuzhnogo sklona Tsentralnogo segmenta Bolshogo Kavkaza [Tectonic conditions of seismicity of the North-West segment and the southern slope of the Central Segment of the Greater Caucasus]. *Glubinnoye stroyeniye, minerageniya, sovremennaya geodinamika i seysmichnost' Vostochno-Yevropeyskoy platformy i sopredel'nykh regionov* [Deep structure, mineralogy, modern geodynamics and seismicity of the East European platform and adjacent regions], Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2016, pp. 383–387.

15. Khain V. Ye., Popkov V. I. (ed.) Tektonika yuzhnogo obramleniya Vostochno-Yevropeyskoy platformy [Tectonics of the southern frame of the East European Platform], Krasnodar, Kuban State University Publ. House, 2009. 213 p.

16. Tuliani L. I. Seysmichnost i seysmicheskaya opasnost: na osnove termodinamicheskikh i reologicheskikh parametrov litosfery [Seismicity and seismic hazard: based on thermodynamic and rheological parameters of the lithosphere], Moscow, Nauchnyy mir Publ., 1999, 216 p.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, СЛОЖЕННЫХ ПОРОДАМИ С НИЗКОЙ ПОРИСТОСТЬЮ И ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ В ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩЕ АСТРАХАНСКОГО КАРБОНАТНОГО МАССИВА

Комаров Алексей Юрьевич, заместитель генерального директора – главный геолог, ООО «Газпром добыча Астрахань», 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Ленина, 30, e-mail: akomarov@astrakhan-dobycha.gazprom.ru

Пыхалов Виктор Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: viktor.pihalov@yandex.ru

В пределах Астраханского свода выделяются крупные зоны с пониженными коллекторскими свойствами продуктивного башкирского резервуара. Эти зоны расположены в пределах сводов внутрикоровых диапиров, выявленных по данным сейсморазведки и бурения в толще консолидированной коры. В таких зонах выделены неоднородности, внешне напоминающие рифовые постройки, но характеризующиеся отсутствием пород-коллекторов. Такие тела получили название кольматированных объектов. Горные породы, слагающие эти объекты, изначально характеризовались улучшенными коллекторскими свойствами (пористостью, проницаемостью). Этому способствовала биогермная природа объектов, а также наличие повышенной гидродинамической активности глубинных флюидов над сводами растущих внутрикоровых диапиров. В период развития внутрикорового диапиризма вследствие наличия гидродинамической связи между башкирскими породами и дневной поверхностью формируются над сводами внутрикоровых диапиров участки с улучшенными коллекторскими свойствами. После появления эвапоритового экрана в раннеиренское время гидродинамическая связь нарушается, и поры и трещины башкирских отложений заполняются кальцитом. Особенно интенсивно процессы заполнения кальцитом пород-коллекторов протекают в пределах зон, представленными породами с изначально улучшенными коллекторскими свойствами. Переинтерпретация данных исследований скважин и сейсморазведки указывает, на то, что кровля кольматированных объектов в сейсмическом волновом поле характеризуется интенсивным отражением и приурочена к терригенно-карбонатным отложениям филипповского горизонта. Эти данные косвенно указывают на то, что время формирования кольматированных объектов связано с формированием нижнеиренской толщи. Есть основания полагать, что время завершения интенсивного процесса вторичных изменений пород коллекторов над участками распространения сводов внутрикоровых диапиров связано со второй половиной кунгурского века.

Ключевые слова: Астраханский свод, пористость, проницаемость, кунгурский возраст, вторичные процессы, кольматированные объекты, внутрикоровые диапиры, продуктивные отложения, башкирские отложения