УДК 550.348.436 (470.45/47+470.61/62) DOI: 10.23671/VNC.2018.2.14357

## СЕЙСМОТЕКТОНИКА РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОГО РАЙОНА

© 2018 вв. Стогний, д. г.-м. н., Г.А. Стогний, д. г.-м. н.

Кубанский государственный университет, Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: stogny\_vv@mail. ru

Рассмотрена сейсмотектоническая модель Керченско-Таманского района Крымско-Кавказского сейсмического пояса. Характерной чертой Керченско-Таманского сейсмического района является наличие разрушительных исторических землетрясений с М = 6,0-7,5 и интенсивностью до 9 баллов при отсутствии сильных сейсмических событий в инструментальный период. Эпицентры известных разрушительных землетрясений локализованы в южной части Азовского моря и в акватории Керченско-Таманского пролива, а их гипоцентры находились на глубине 15-40 км в консолидированном слое земной коры Индолокубанского блока Скифской плиты, которая Крымским и Западнокавказским разломами отделена от южнее расположенной Восточно-Черноморской плиты.

**Ключевые слова**: землетрясение, сейсмогенерирующий блок, земная кора, Скифская плита, Восточно-Черноморская плита.

#### Введение

Керченско-Таманский сейсмический район Крымско-Кавказского пояса охватывает территорию Керченского и Таманского полуостровов, акватории Азовского моря и Керченско-Таманского пролива (рис. 1), в его пределах известны разрушительные исторические землетрясения магнитудой M = 6-7 и интенсивностью 9 баллов и более при отсутствии сильных сейсмических событий в инструментальный период. Эпицентры известных исторических сейсмических событий интенсивностью более 8 Керченско-Таманского района в работе [Никонов, 2000] объединены в Южно-Азовскую и Керченскую очаговые зоны. Южно-Азовская зона включает землетрясения, произошедшие в IV–III веках и в I (63 г.) веке до нашей эры, а также в IV, X и XVIII (1751 г.) веках нашей эры. В Керченскую очаговую зону включены землетрясения V и III (275±5) веков до нашей эры и землетрясения X и XI веков нашей эры. Максимальная магнитуда землетрясений Южно-Азовской очаговой зоны оценивается в 7,7±0,7, а Керченской – в 7,2±0,3.



Рис. 1. Схема расположения Керченско-Таманского района разрушительных исторических землетрясений и Анапского сейсмического района Крымско-Кавказского пояса. Буквами обозначены: ВЕП – Восточно-Европейская платформа; ГК – складчатое сооружение Горного Крыма; ИКП – Индоло-Кубанский прогиб; К – Керченско-Таманский сейсмический район разрушительных исторических землетрясений; А – Анапский сейсмический район

Юго-восточнее Керченско-Таманского сейсмического района расположен сейсмически активный Анапский район Северо-Западного Кавказа (рис. 1). Здесь зафиксированы землетрясения с M = 5,0-6,0 (09.10.1879 г., M = 5,7; 12.07.1966 г., M = 5,5; 09.11.2002 г., M = 5,0). К основной сейсмогенерирующей структуре данного района отнесён Анапский блок консолидированной коры Восточно-Черноморской плиты [Стогний, Стогний, 2017а].

Сейсмичность Крымско-Кавказского пояса с позиции плитной тектоники обычно связывается с субдукцией либо поддвигом Восточно-Черноморской плиты [Гобаренко и др., 2016; Казьмин и др., 2004]. При создании сейсмотектонической модели Керченско-Таманского сейсмического района наиболее актуальным является вопрос положения северной границы Восточно-Черноморской плиты. В связи с этим строение консолидированной земной коры Азово-Черноморского региона рассмотрено по результатам анализа геолого-геофизических материалов.

# Сейсмотектоническая модель Керченско-Таманского района

Районирование разрушительных исторических землетрясений Керченско-Таманского сейсмического района дано по [Никонов, 2000] в составе Южно-Азовской и Керченской очаговых зон. Южно-Азовская очаговая зона субширотного простирания расположена в пределах северо-восточного побережья Керченского полуострова, а Керченская зона – в пределах Керченско-Таманского пролива. Наиболее известное землетрясение Керченско-Таманского сейсмического района – это Пантикапейское 63 г. до н. э., разрушившее несколько античных городов.

Эпицентры разрушительных землетрясений Керченско-Таманского района в тектоническом отношении приурочены к Индоло-Кубанскому прогибу, который состоит из Индольской впадины (западная часть) и Западно-Кубанского прогиба (восточная часть). Индоло-Кубанский прогиб, выделенный в контурах Индоло-

кубанского гравитационного минимума, включает также полностью Керченский полуостров (до Горного Крыма) и Таманский полуостров [Митюков и др., 2012; Starostenko et al., 2015].

Глубинное строение Индоло-Кубанского прогиба изучено по профилям ГСЗ-28, DOBRE-2 и DOBRE-5. Профиль ГСЗ-28 пересекает (с юга на север) Индоло-Кубанский прогиб, Скифскую плиту и ближайшие выходы метаморфических пород Украинского щита. Мощность земной коры по профилю ГСЗ-28 оценивается в 35–40 км при мощности осадочного слоя до 11 км в центральной части Индоло-Кубанского прогиба, земная кора разделена на осадочную толщу ( $V_p = 2,5-4,2$  км/с) и консолидированную кору ( $V_p = 6,0-6,7$  км/с) [Баранова и др., 2008].

Глубинный разрез по профилям DOBRE-2 и DOBRE-5 [Starostenko et al., 2015] представлен осадочным чехлом со скоростью продольных волн  $V_p = 2,05-5,70$  км/с, складчатым комплексом Скифской плиты с  $V_p = 5,72-6,00$  км/с, гранито-гнейсовым слоем с  $V_p = 6,22$  км/с на его кровле, базитовым слоем с  $V_p = 6,50$  км/с на его кровле, базитовым слоем с  $V_p = 6,50$  км/с на его кровле и границей Мохо ( $V_p = 8,15-8,16$  км/с). По принятым параметрам кровля консолидированной коры под Керченским полуостровом залегает на глубине 20-22 км. Не исключено, что слой со скоростью  $V_p = 5,72-6,00$  км/с и мощностью до 10 км, отождествляемый со складчатым комплексом Скифской плиты, может быть горизонтом разуплотнения верхнего гранито-гнейсового слоя консолидированной коры, то есть очаги землетрясений Южно-Азовской (глубина 20-40 км) и Керченской (глубина 10-30 км) зон находились в пределах консолидированной коры.

Неоднородности земной коры, способствующие возникновению очага землетрясений, отражаются в гравитационном и магнитном полях, в связи с этим рассмотрим положение эпицентров разрушительных землетрясений Южно-Азовской и Керченской зон по отношению к элементам геофизических полей. В структуре гравитационного поля Южно-Азовская и Керченская очаговые зоны разрушительных землетрясений в плане приурочены к южной гравитационной ступени Индолокубанского минимума амплитудой более 50 мГал и длиной до 430 км при ширине 70-100 км (рис. 2). Контуры Индолокубанского гравитационного минимума включают Индоло-Кубанский прогиб, складчатые структуры Керченского и Таманского полуостровов. Отрицательные значения Индолокубанский гравитационный минимум сохраняет и в изостатической редукции [Артемьев и др., 1972], что позволяет Индоло-Кубанский прогиб относить к областям новейших опусканий.

Южно-Азовская и Керченская очаговые зоны разрушительных землетрясений находятся в центральной части Керченско-Кубанской региональной положительной магнитной аномалии (рис. 2), которая в плане соответствует южному крутому борту Индоло-Кубанского прогиба, частично захватывая смежные с ним складчатые структуры Крыма и Большого Кавказа. Размеры аномалии по нулевой изолинии составляют: ширина до 70 км, длина около 200 км. Природа Керченско-Кубанской магнитной аномалии по нашему мнению обусловлена суммарным эффектом нескольких факторов: тектоническим, метаморфогенным и флюидодинамическим. Тектонический фактор – приуроченность к крутому интенсивно дислоцированному южному борту Индоло-Кубанского прогиба. Тектонические процессы способствовали метаморфизму осадочных толщ, что приводило к увеличению магнитной восприимчивости пород. Вместе с тем, Индоло-Кубанский прогиб – это нефтегазоносный район Северо-Кавказской провинции. Большая часть месторождений нефти и газа расположена вдоль его южного борта. Магнитная восприимчивость пористых,

насыщенных нефтью осадочных пород при нагревании до 350° увеличивается в 20–170 раз [Кравченко и др., 2003], поэтому не исключена ведущая роль в формировании магнитной восприимчивости пород Индоло-Кубанского прогиба мантийных углеводородных флюидов.



Рис. 2. Положение очаговых зон разрушительных землетрясений Керченско-Таманского района в структуре гравитационного поля (фрагмент карты аномалий Буге Кавказа Мировой гравиметрической модели WGM2012) и элементов магнитного поля (WMM2015, T<sub>a</sub> npu h = 0) Азово-Черноморского региона. Система координат Меркатора.

1 – изоаномалы поля силы тяжести, мГал; 2 – контур Керченско-Кубанской положительной магнитной аномалии; 3 – граница аномальных гравитационных областей (ВО – Восточно-Европейской, ЧО – Черноморской); 4 – очаговые зоны Керченско-Таманского сейсмического района по [Никонов, 2000]: 1 – Южно-Азовская, 2 – Керченская. Буквами обозначены локальные гравитационные максимумы (К – Крымский, Н – Новороссийский) и минимумы (И – Индолокубанский, С – Сорокинский, Т – Туапсинский)

На схеме блоковой делимости консолидированной коры Азово-Черноморского региона, разработанной по результатам комплексной интерпретации геологогеофизических материалов (рис. 3), Южно-Азовская и Керченская очаговые зоны локализованы в Индолокубанском блоке Скифской плиты, которая Крымским и Западнокавказским разломами разграничена от южнее расположенной Восточно-Черноморской плиты [Стогний, Стогний, 20176]. Эпицентры разрушительных землетрясений Индолокубанского блока Скифской плиты приурочены к южному борту Индоло-Кубанского прогиба, а их очаги расположены в области резкого уменьшения мощности земной коры от 45–55 (Керченский полуостров) до 40–35 км (Азовское море). Южные контуры Индолокубанского блока подчинены Крымскому и Западнокавказскому межплитным разломам северного падения, поэтому не исключена вероятность, что они играли существенную роль при формировании очагов землетрясений. Сейсмогенерирующей структурой Южно-Азовской очаговой зоны согласно [Чекунов и др., 1992] является Южно-Азовский разлом, практически совпадающий на отрезке шельфа Керченского полуострова с осью Индоло-Кубанского прогиба, выделенной по эпицентру Индолокубанского гравитационного минимума (рис. 3). Южно-Азовский разлом по кинематике определён как сброс у мыса Казантип и взброс (западная часть), что позволяет предположить смещение бортов Индоло-Кубанского прогиба по его оси.



*Рис. 3. Схема тектоники консолидированной земной коры Азово-Черноморского региона по результатам анализа геолого-геофизических данных.* 

 1 – межплитные разломы: 3 – Западнокавказский, К – Крымский; 2 – разломы: Б – Бурунский,
В – Восточночерноморский, Т – Таманский, Н – Новороссийский, П – Причерноморский, А – Азово-Каспийский; 3 – ось Индоло-Кубанского прогиба; 4 – очаговые зоны Керченско-Таманского сейсмического района по [Никонов, 2000]: Ю – Южно-Азовская, К – Керченская; 5 – Анапский сейсмический район. Буквами обозначены: В-Ч – Восточно-Черноморская микроплита; А-К – Азово-Каспийский блок Скифской плиты; блоки 2 порядка: Ан – Анапский, Ин – Индолокубанский, Фн – Фанагорийский

В работе [Стогний, Стогний, 2017а] показана зависимость величины максимальной магнитуды землетрясений Большого Кавказа от площади сейсмогенерируюшего блока консолидированной земной коры: землетрясения с M > 6,0 локализованы в блоках площадью 100–300 тыс. кв. км. Площадь Индолокубанского блока более 130 тыс. кв. км, что создавало предпосылки для накопления напряжений, необходимых для реализации землетрясений с M до 7,5.

#### Заключение

Рассмотрена сейсмотектоническая модель Керченско-Таманского района исторических разрушительных землетрясений, в основе которой лежит тезис о современной границе Восточно-Черноморской и Скифской плит (микроплит). Отличительной особенностью Керченско-Таманского сейсмического района Крымско-Кавказского пояса является то, что здесь известны разрушительные исторические землетрясения с M = 6,0-7,5 и интенсивностью до 9 баллов при отсутствии сильных сейсмических событий в инструментальный период. К Южно-Азовской очаговой зоне приурочены эпицентры разрушительных землетрясений, произошедшие в IV– III веках и I веке (63 г.) до нашей эры и IV, X и XVIII (1751 г.) веках нашей эры, локализованные в южной части Азовского моря. К Керченской очаговой зоне приурочены эпицентры землетрясений V века до нашей эры и землетрясения III (275±5), X и XI веков нашей эры, локализованные в пределах акватории Керченско-Таманского пролива. Очаги землетрясений располагались в консолидированном слое земной коры Индолокубанского блока Скифской плиты, которая Крымским и Западнокавказским разломами ограничена от южнее расположенной Восточно-Черноморской плиты. Площадь Индолокубанского блока (более 130 тыс. кв. км) позволяет генерировать напряжения с магнитудой более 6,0.

Работа выполнена при финансовой поддержке администрации Краснодарского края и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проекту № 16-45-230909 р\_а.

### Литература

1. Артемьев М.Е., Бунэ В.И., Камбаров Н.Ш. Использование данных о нарушениях изостатического равновесия для выделения сейсмоопасных зон Крымско-Кавказского региона // Физика Земли. – 1972. – № 11. – С. 8-27.

2. Баранова Е.П., Егорова Т.П., Омельченко В.Д. Переинтерпретация сейсмических материалов ГСЗ и гравитационное моделирование по профилям 25, 28 и 29 в Черном и Азовском морях // Геофизический журнал. – 2008. – Т. 30. № 5. – С. 124-144.

3. Гобаренко В.С., Муровская А.В., Егорова Т.П., Шеремет Е.Е. Современные коллизионные процессы на северной окраине Чёрного моря // Геотектоника. – 2016. – № 4. – С. 68-87.

4. 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.

5. Кравченко С. Н., Орлюк М. И., Русаков О. М. Новый подход к интерпретации региональной Западно-Черноморской магнитной аномалии // Геофизический журнал. – 2003. – Т. 25. № 2. – С. 135-144.

6. Митюков А.В., Никишин А.М., Альмендингер О.А., Болотов С.Н., Лаврищев В.А., Мясоедов Н.К., Рубцова Е.В. Седиментационная модель майкопских отложений Туапсинского прогиба в Чёрном море по данным 2D и 3D сейсморазведки и полевым работам на Западном Кавказе и в Крыму // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2012. – № 2. – С. 3-13.

7. Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: сравнение региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. 2000. № 7. С. 53-62.

8. Стогний Г. А., Стогний В. В. Сейсмичность Большого Кавказа с позиции блоковой делимости земной коры // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества (ЧЭС). – 2017а. – №2. – С. 86-95. 9. Стогний Г.А., Стогний В.В. Крымско-Кавказский сегмент границы Восточно-Черноморской плиты: геолого-геофизический аспект // Геофизика. – 2017б. – № 6. – С. 51-55.

10. Чекунов А.В., Кутас Р.И., Пустовитенко Б.Г., Харитонов О.М. Материалы по геологии и геодинамике района строительства Крымской АЭС // Геодинамика и сейсмопрогностические исследования на Украине. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 3-31.

11. Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Farfuliak L. Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian platform: the DOBRE-5 profile across the north western Black Sea and Crimean peninsula // Geophys. J. Int. – 2015. – V. 201. – P. 406-428.

### DOI: 10.23671/VNC.2018.2.14357

## SEISMOTECTONICS OF THE KERCH-TAMAN REGION DESTRUCTIVE EARTHQUAKES

#### © 2018 V.V. Stogny, Sc. Doctor (Geol.-Min.), G.A. Stogny, Sc. Doctor (Geol.-Min.)

# Kuban State University, Russia, 350040, Krasnodar, Stavropolskaya str., 149, e-mail: stogny\_vv@mail. ru

Descriptions are given of the seismotectonic model of the Kerch-Taman region of the Crimean-Caucasian seismic belt. A distinctive feature of the Kerch-Taman seismic region is the existence of destructive historical earthquakes with M = 6,0-7,5 and intensity of up to 9 points in the absence of strong seismic events during the instrumental period. Epicenters of known destructive earthquakes are located in the southern part of the Azov Sea and in the Kerch-Taman Strait water area, and their hypocenters were located at the depth of 15-40 km in the consolidated layer of the Earth's crust of the Indolokuban block of the Scythian plate, which is separated by the Crimean and West Caucasian faults from East-Black Sea plates situated to the south.

Keywords: earthquake, seismogenerating block, Earth's crust, Scythian plate, East-Black Sea plate.

#### References

1. Artem'ev M. E., Bunje V.I., Kambarov N.Sh. Ispol'zovanie dannyh o narushenijah izostaticheskogo ravnovesija dlja vydelenija sejsmoopasnyh zon Krymsko-Kavkazskogo regiona // Fizika Zemli. – 1972. – № 11. – S. 8-27.

2. Baranova E.P., Egorova T.P., Omel'chenko V.D. Pereinterpretacija sejsmicheskih materialov GSZ i gravitacionnoe modelirovanie po profiljam 25, 28 i 29 v Chernom i Azovskom morjah // Geofizicheskij zhurnal. – 2008. – T. 30. № 5. – S. 124-144.

3. Gobarenko V. S., Murovskaja A. V., Egorova T. P., Sheremet E. E. Sovremennye kollizionnye processy na severnoj okraine Chjornogo morja // Geotektonika. – 2016. – № 4. – S. 68-87.

4. Kaz'min V. G., Lobkovskij L. I., Pustovitenko B. G. Sovremennaja kinematika mikroplit v Chernomorsko-Juzhno-Kaspijskom regione // Okeanologija. – 2004. – T. 44, №4. – S. 600-610.

5. Kravchenko S. N., Orljuk M. I., Rusakov O. M. Novyj podhod k interpretacii regional'noj Zapadno-Chernomorskoj magnitnoj anomalii // Geofizicheskij zhurnal. – 2003. – T. 25. № 2. – S. 135-144.

6. Mitjukov A.V., Nikishin A.M., Al'mendinger O. A., Bolotov S.N., Lavrishhev V.A., Mjasoedov N.K., Rubcova E.V. Sedimentacionnaja model' majkopskih otlozhenij Tuapsinskogo

progiba v Chjornom more po dannym 2D i 3D sejsmorazvedki i polevym rabotam na Zapadnom Kavkaze i v Krymu // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4. Geologija. – 2012. – №2. – S. 3-13.

7. Nikonov A.A. Sejsmicheskij potencial Krymskogo regiona: sravnenie regional'nyh kart i parametrov vyjavlennyh sobytij // Fizika Zemli. 2000. № 7. S. 53-62.

8. Stognij G.A., Stognij V.V. Sejsmichnosť Bol'shogo Kavkaza s pozicii blokovoj delimosti zemnoj kory // Jekologicheskij vestnik nauchnyh centrov Chernomorskogo jekonomicheskogo sotrudnichestva (ChJeS). – 2017a. – N2. – S. 86-95.

9. Stognij G.A., Stognij V.V. Krymsko-Kavkazskij segment granicy Vostochno-Chernomorskoj plity: geologo-geofizicheskij aspekt // Geofizika. – 2017b. – № 6. – S. 51-55.

10. Chekunov A. V., Kutas R. I., Pustovitenko B. G., Haritonov O. M. Materialy po geologii i geodinamike rajona stroitel'stva Krymskoj AJeS // Geodinamika i sejsmoprognosticheskie issledovanija na Ukraine. – Kiev: Nauk. dumka, 1992. – S. 3-31.

11. Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Farfuliak L. Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian platform: the DOBRE-5 profile across the north western Black Sea and Crimean peninsula // Geophys. J. Int. – 2015. – V. 201. – P. 406-428.