

УДК 550.34

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ 10 ОКТЯБРЯ 2018 г.

Шумлянская Л.А.¹, Бурмин В.Ю.², Пигулевский П. И.¹, Герасименко О.А.¹, Щербина С.В.¹

¹Институт геофизики НАН Украины им. С.И. Субботина, *lashum@ukr.net*

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, *vburmin@yandex.ru*

Введение

Сейсмические события в районе Азовского моря достаточно привычное явление. Мы попытаемся разобраться каковы же возможные причины землетрясений в этом районе. Для чего были найдены параметры землетрясений, которое произошло 10 октября 2018 года в Азовском море; построены механизмы очага при различных глубинах очагов землетрясения. Механизмы рассмотрены с точки зрения морфотектонических причин их возникновения.

Исходные данные

Землетрясение 10 октября 2018 г. произошло в восточной части Азовского моря. Координаты эпицентра, и данные о глубине очага, опубликованы на сайте Геофизической службы РАН (ГС РАН) и ISC время 2018-10-15 10:42:04, широта 46.36, долгота 37.18, глубина 5 км, $m_b = 4.3$.

Было проведено также определение параметров очага землетрясений по методике, изложенной в работе [1]. Нами получено решение, с такими параметрами: широта – 46.42564, долгота – 37.24274, $H = 133.4$ км.

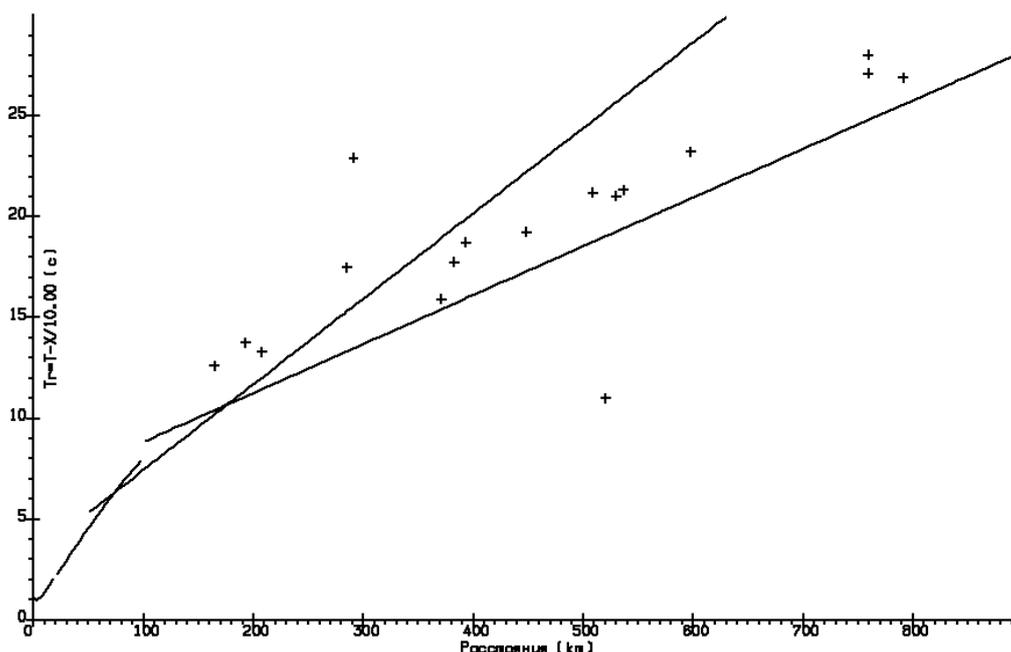


Рис. 1. Экспериментальные точки годографа землетрясения произошедшего 15.10.2018 по данным ГС РАН и теоретический годограф для глубины источника 5 км.

Чтобы проверить какое из этих двух решений больше соответствует истинному положению гипоцентра, были построены точки экспериментальных годографов для первого и второго решения и теоретические годографы для двух глубин – 5 км и 133 км (рис. 1 и 2).

На рис. 1 представлены точки годографа полученные по данным ГС РАН и теоретический годограф для глубины источника 5 км.

Из этого рисунка видно, что практически все точки годографа по данным ГС РАН лежат выше теоретического годографа.

Точки годографа, полученные по данным ГС РАН, строились следующим образом – брались времена прихода продольных волн на станции опубликованных на сайте ISC и данных по трем украинским станциям (Николаев, Одесса, Днепр). Время в очаге и координаты эпицентров брались по данным ГС РАН. Времена пробега продольных сейсмических волн определялись как разница между временами прихода волн на станции и временем в очаге. По координатам эпицентров и сейсмических станций, для определения эпицентральных расстояний, решалась обратная геодезическая задача. По полученным временам пробега сейсмических волн и эпицентральных расстояниям были построены точки годографа продольных волн.

На рис. 2 представлены точки годографа полученные с помощью программы В.Ю. Бурмина и теоретический годограф для глубины источника 133.4 км.

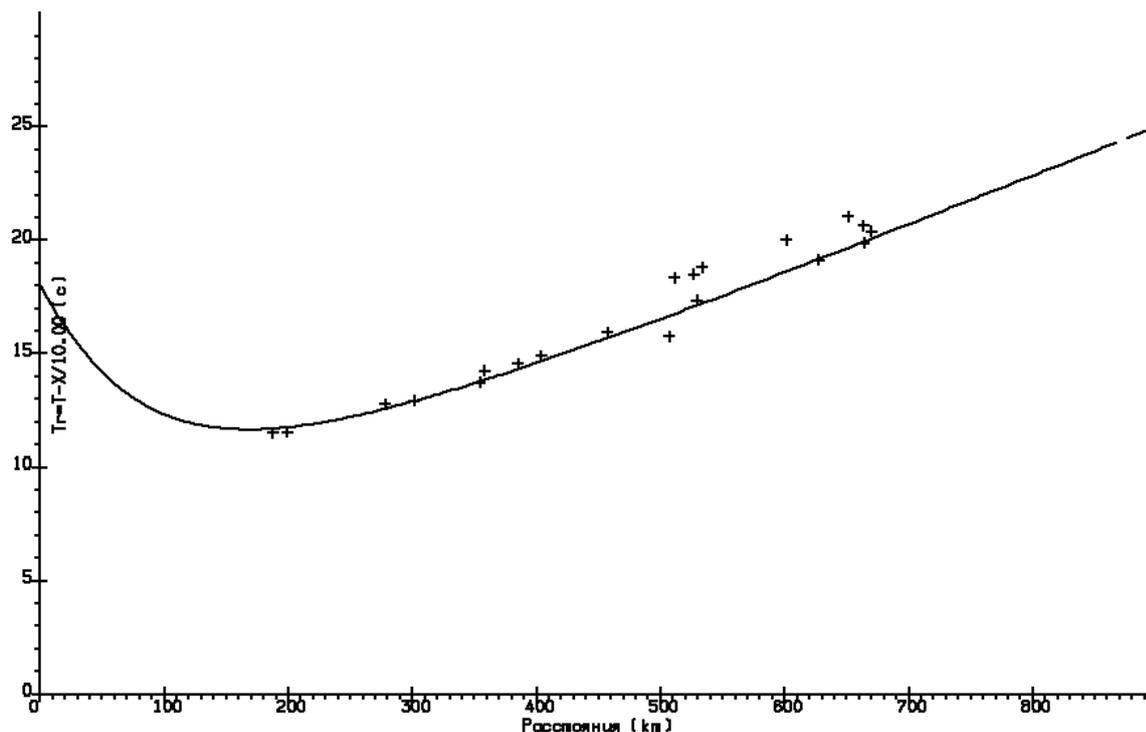


Рис. 2. Экспериментальные точки годографа для землетрясения 15.10.2018, полученные с помощью программы В.Ю. Бурмина и теоретический годограф для глубин источника 133.4 км.

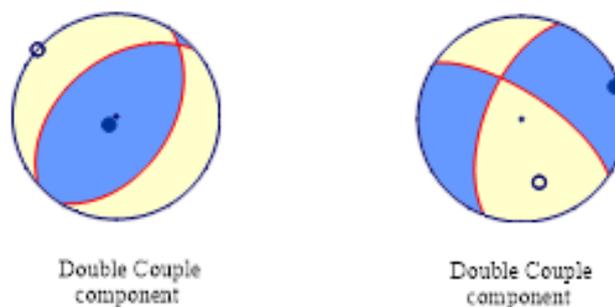


Рис. 3. Механизмы очагов для $H = 5$ км (а) и $H = 133$ км (б), полученных по программе А.В.Ландера.

Из сравнения рис. 1 и 2 хорошо видно, что источник, расположенный на глубине 133.4 км лучше отвечает теоретическому годографу, чем источник на глубине 5 км.

Механизм очага. Механизмы очага были построены по данным о первых вступлениях P -волн, опубликованных на сайте ISC, событие зафиксировано на 231 станции мировой сети и сети РАН на расстоянии от $\Delta = 1.4^\circ$ (станция ANN) до $\Delta = 93.25^\circ$ (GARM) от эпицентра. Из них знаки выделены только на 79 станциях. Для построения была использована программа Ландера А.В., любезно предоставленная автором [6, 7].

Для разных глубин мы получили разные типы механизмов (рис. 3). Для 5 км это взброс, для 133.4 км – сброс.

Решение, представленное Геофизической службой России с глубиной гипоцентра $H = 5$ км находится на пересечение Кальмиус-Джигинского и Главного Азовского разломов. Для решений с глубинным источником: $H = 133.4$ км пересечении Кальмиус-Джигинского, Джанкойско-Ейского с Губкинско-Центральноазовским (рис.4).

Морфотектонический анализ

Особенность современного деформационного развития коры Черного моря и прилегающей с севера активизированной окраины Восточно-Европейской плиты заключается в том, что процессы здесь происходят в пределах сложного тектонического узла, включающего ансамбль трех кинематически обособленных сегментов литосферы: субокеанических Восточно- и Западно-Черноморской микроплит и Скифской плиты. В местах, локализованных инденторных сжатий края Скифской плиты сформировались две сейсмофокальные зоны максимального скопления очагов землетрясений. Со стороны взаимодействия микроплиты Восточно-Черноморской впадины – Алуштинско-Судакская (Алуштинско - Батумская) сейсмофокальная зона и Керченская [11].

Был построен меридиональный разрез по 36.5° в.д. используя данные по морфологии поверхности литосферы, Мохо [3, 8, 10], сейсмический разрез вдоль профиля ГСЗ 28-29 [9], а также расположение гипоцентров землетрясений [12]. В работе [9] отмечено ступенчатым погружением литосферы Черного моря в сторону континентального обрамления Черного моря. Этот морфотектонический контур склона был назван авторами псевдосубдукцией.

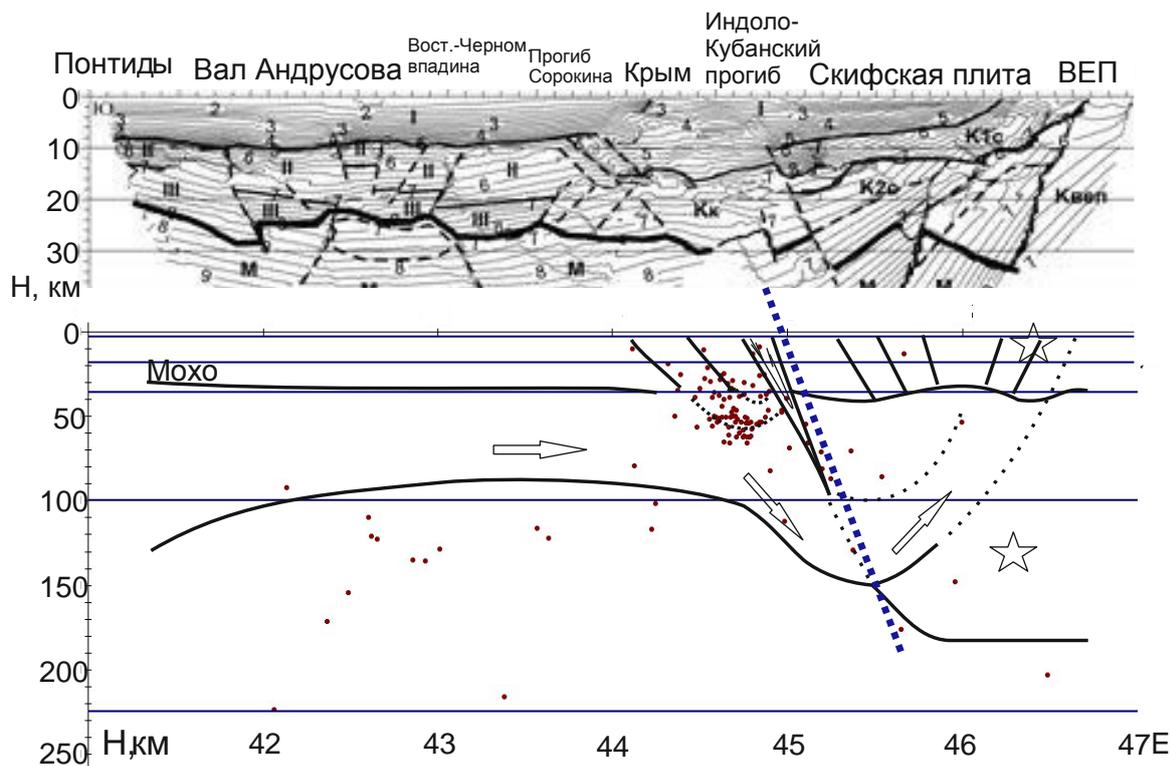


Рис. 4. Объединенный геолого-геофизический разрез вдоль зоны сочленения Черного моря и континентальной окраины в районе Керченского полуострова и Азовского моря. Синяя пунктирная линия – предполагаемый контур основного уступа континентального склона Восточно-Европейской платформы. Звездочки – очаги землетрясений.

Объединенный разрез зоны сочленения литосферы Черного моря и литосферы (рис. 6), иллюстрирует коллизию в условиях фронтального сжатия двух литосферных слоев – окраины Восточно-Европейской платформы и Восточно-Черноморской микроплиты, при том, что вектор сил сжатия от Аравийского индентора направлен по касательной к континентальной литосфере в силу веерного распределения напряжений от Аравийского индентора в Черном море [4].

На рис. 4 показана коллизия океанической и континентальной литосферных плит в районе Керченского пролива. Из разреза, виден механизм образования коллизии, сопровождающейся

псевдосубдукцией. Пространственное распределение гипоцентров землетрясений маркирует деформационные структуры на глубине.

Согласно рис. 6 выделяются две ветки скопления очагов землетрясений, образующиеся за счет расслоения земной коры по поверхности фундамента и Мохо. Вязкий клин между субдуцирующей литосферой и континентом также имеет отражение в расположении очагов землетрясений (рис. 4), которые вытягиваются вдоль контуров вязкого клина до 80 км.

Механизм очага для решений с глубиной $H = 133.4$ км – сбросо-сдвиг, полюс сжатия показывает меридиональное направление сил сжатия, что совпадает с направлением движения поддвигаемой океанической литосферы.

Согласно нашему морфотектоническому построению, взбросовый механизм возможно объяснить поднятием тыловой части континентальной окраины, которое происходит под влиянием сжатием субдуцирующей литосферы. Глубокие очаги расположены в нижней части континентальной литосферы. Пространственно они приурочены к участку соприкосновения клина поддвигаемой океанической литосферной плиты с нижней частью литосферной плиты.

Заключение

В октябре 2018 года в Азовском море произошло землетрясение с магнитудой $m_b = 4.3/5$. Результаты обработки землетрясения были опубликованы на сайтах Геофизической службы РАН и ISC. Согласно данным ISC разными сейсмологическими службами получены глубины очага от 5 до 30 км. Мы использовали программу В.Ю.Бурмина и в результате получили решение с глубинами $H = 133.4$ км.

Морфотектонический анализ как взбросовый механизм очага для неглубокого землетрясения, так и сбросовый для глубоких, формирующийся в обстановке разрушения вмещающих пород, одинаково возможны. Фактическая база геолого-геофизической информации не позволяет только при помощи регионального морфотектонического анализа выбрать наиболее вероятный механизм очага землетрясения. Но при этом надо отметить, что результаты наших исследований показали, что возникновение глубоких землетрясений имеют все необходимые тектонические предпосылки, несмотря на устоявшееся мнение сейсмологов про коровые землетрясения в этом регионе.

Список литературы

1. Бурмин В.Ю. Новый подход к определению параметров гипоцентров близких землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1992. № 3. С.73–82.
2. Бурмин В.Ю., Шумлянская Л.А. Современная сейсмичность Крыма // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42. № 2. С.5–16.
3. Гинтов О.Б., Пашкевич И.К. Тектонофизический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита // Геофизический журнал. Т. 32. №2. 2010. С.6–27.
4. Гончар В.В. Коллизионная модель Крымского орогена – опыт исследования методом конечных элементов // Геофизический журнал. 2013. Т. 35. № 6. С.146–164.
5. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Геодинамическая и тепловая модели субдукции // Физическая мезомеханика. 2009. Т. 12. № 1. С.5–16.
6. Ландер, А. В. Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений Р-волн) // М., 2006. 27 с.
7. Ландер А.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 «Программа расчета и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений Р-волн (FA)». Автор: Ландер А.В. (RU). 25 сентября 2018 г.
8. Кутас Р.И. Геотермические разрезы земной коры и верхней мантии Черного моря и его северного обрамления // Геофиз журн. 2011. N.33. № 6. С.50–67.
9. Пийп В.Б., Ермаков А.П. Океаническая кора черноморской впадины по сейсмическим данным. // Вестн. Моск. Ун-та. Сер.4. Геология. 2011. №5. С.61–68.
10. Соллогуб В.Б. Литосфера Украины. Киев: Наук. думка, 1986. 186 с.
11. Шумлянская Л.А., Бурмин В.Ю. Параметры плоскостей разрывов для Крымско-Черноморского региона по осредненным механизмам близких землетрясений // Геофизический журнал. 2016. Т. 38. № 3. С. 100–116. doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107782.
12. Burmin V.Yu., Shumlianska L.O. Spatial distribution of earthquake hypocenters in the Crimea – Black Sea region // Journal of Seismology. 2018. V. 22. No. 2. P. 391–405. https://doi: 10.1007/s10950-017-9712-y.
13. Евдошук М.І., Галко Т.М., Седлерова О.В., Волкова О.В., Якубенко Г.М. Перспективи нафтогазоносності українського сектора Азовського моря за комплексною оцінкою даних аерокосмічних досліджень // Нафтогазова галузь України. 2013. №1. С. 3–8.