УДК: 550.343.4+550.348.64

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА (ПО АРХЕОСЕЙСМИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ)

Никонов А.А.

Институт физики Земли РАН, Москва, ул. Б. Грузинская, 10, e-mail: nikonov@ifz.ru

На протяжении более полувека в протяженной полосе Кавказского побережья Черного моря от г. Анапы до г. Сухуми в каталогах не отражались землетрясения с $M \geq 5.7$ и на картах СР, соответственно, район не относился к опасным, хотя публикации о сильных землетрясениях прошлого появлялись неоднократно. Автор предпринял обобщение прежних данных и привлек новый массив данных о сильных землетрясениях, устанавливаемых с помощью археосейсмического метода. В результате на Кавказском побережье выделено 9-10 очаговых зон землетрясений с $I \geq VIII$ -IX баллов за период в несколько тысяч лет. Эта разработка требует переоценки устоявшихся определений сейсмического потенциала, сейсмической опасности и рисков в весьма ответственном регионе.

Ключевые слова: Кавказ, Кавказское побережье, Черное море, землетрясения, очаговые зоны, сейсмогенерирующие зоны (сейсмолинеаменты), сейсмический потенциал, сейсмическая опасность, археосейсмический метод, сейсмическое районирование.

MODERN APPROACH TO SEISMIC POTENTIAL AND SEISMIC DANGER EVALUATION FOR THE BLACK SEA CAUCASIAN SHORE AREA (BY ARCHAEOSEISMOLOGICAL DATA)

Nikonov A.A.

Institute of Physics of the Earth, RAS, Moscow, Bol. Gruzinskaia str. 10, e-mail: nikonov@ifz.ru

In course of more than a half of century all the Black Sea Caucasian shore area, between towns Anapa and Sukhumi believed to be non-danger one in seismic respect. Neither basic catalogues nor official maps of seismic zoning didn't content any data on earthquakes with $M \geq 5.7$, in spite of appearance currently some proper publications with serious arguments for reality of these events in the past. The author put in practice archaeoseismic approach to reveal and give some parametric characteristics of past strong seismic events within the area in the period of several thousand years. Nine to ten source areas with $I \geq VIII-IX$ had been singled out along and in crest of the shore area. This estimation has to be resulted in revision of adopted currently evaluations of seismic potential, seismic danger and risks in the area of particular importance and responsibility.

Key words: Caucasus, Caucasian shore, Black sea, earthquakes, source areas, seismogeneric zones (seismolineaments), seismic potential, seismic danger, archaeoseismic method, seismic zoning.

Введение

Прибрежная полоса Черноморского побережья Кавказа заслуживает особого внимания ввиду плотной заселенности и высокой экономической и транспортной значимости, с одной стороны, и скудости сведений о разрушительных землетрясениях в ней в период инструментальных наблюдений, как и в исторический – с другой. Самыми сильными из известных за последние столетия событий стали землетрясения Анапское 1966 г. с $M=5.8 \pm 0.1$ и 1870 г. с $M=6$ [6]. Оба этих события не могут считаться достаточными для определения сейсмического потенциала побережья в долговременном аспекте, даже только на Российском его участке.

К началу наших исследований, и практически до настоящего времени, официальные каталоги включают всего 7 землетрясений («с древнейших времен») на Кавказском побережье с $5.1 \leq M \leq 6$ [7]. Из них 3 располагаются в

Анапской зоне, 2 близ г. Сочи и 2 у г. Сухуми. Ни одного события с $M > 6$ в каталогах не содержится. Примечательно, что в опубликованном Международным сейсмологическим центром (ISC) в 2007 г. обновленном каталоге сильных землетрясений Средиземноморья на Кавказском побережье Черного моря помещено всего два события с $M \geq 6$ в Анапской зоне и одно вблизи г. Сухуми, землетрясений с $M \geq 7$ в этом руководящем каталоге вообще нет. На таких базах делаются оценки сейсмической опасности, в том числе в виде карт ОСР и ДСР для периодов ≥ 1 тыс. лет.

Цель исследования

Если при оценке сейсмической опасности ставить во главу угла определение $M_{\max}$ в масштабе тысячелетий, то необходимо помимо сведений о событиях исторического времени (столетия) и доисторического времени (тысячелетия) использовать два подхода – археосейсмический и палеосейсмогеологический. Они требуют многолетних полевых работ на археологических раскопах совместно с археологами. В таковых, как правило, сейсмологи не участвуют и эту сторону исследований не контролируют.

Археосейсмический подход

Понимая, что сведения о землетрясениях за период инструментальных наблюдений, или даже за 100-200 лет, совершенно недостаточны для обоснованных суждений, как о тектоническом (сеймотектоническом) развитии территории (акватории), так и для надежной оценки сейсмической опасности, автор использовал археосейсмический подход. На Западном Кавказе он впервые применен в 1985 г, а затем совершенствовался в пространственно-геометрической модификации. Методологические основы сформулированы в [3 и др.]. На Кавказском побережье от г. Сухуми на юго-востоке до г. Анапа на северо-западе обследовались основные архитектурные и археологические памятники, и сохранившиеся, и руинированные. Стационарные исследования совместно с археологами на их раскопах удалось тогда осуществить в районе г. Сухуми, а затем и г. Анапы. Практически на всех обследованных и изучавшихся

подробнее памятниках обнаружены и зафиксированы явные признаки разрушений и повреждений именно сейсмического характера [2, 4 и др.]. С помощью археологов и соответствующей литературы удалось, с той или иной степенью приближения, определить время (временные интервалы) возникновения сейсмических нарушений и/или последовавшего восстановления, древних сооружений [10]. Способом обратных засечек выделено несколько подводных очаговых областей, вытянутых вдоль побережья, преимущественно в его юго-восточной части, где они датированы VII, XI, XVIII вв. и Ю для них оценено в VIII-IX и IX баллов. Несколько разрушительных событий идентифицировано в Анапской поперечно зоне. В каталог автора только в Анапской зоне период около 2.5 тыс. лет включено 4 новых события с $M \geq 6$ и несколько событий известных прежде получили более надежные и высокие оценки магнитуд, а всего на побережье таковых выявлено 9-10.

Теперь, в дополнение, автор попытался использовать еще один, специфический тип древних сооружений, ранее остававшийся без внимания специалистов сейсмологов. Это мегалитические сооружения бронзового века – дольмены. Материалы по ним опубликованы в достаточно полном и представительном виде [1], что позволяет (на первом этапе) выполнять оценки камерально. На этом пути в рассматриваемом регионе благоприятны для оценок сейсмических воздействий (преимущества подхода перед другими и наряду с другими) следующие особенности указанного типа сооружений.

1. Распространение мощных каменных сооружений, одинаковых в общем конструкции и габитуса, вдоль всего Кавказского побережья Черноморья.
2. Достаточно определенный возрастной интервал сооружений 4.5-3.5 тыс. лет.
3. Возможность использовать не одиночные сооружения, но их группы на каждом участке и вдоль самого побережья, и (местами) уже на кавказских склонах.

4. Возможность оценивать именно (часто исключительно) сильнейшие события ($I \geq VIII \div IX$ баллов).
5. При детальном рассмотрении опубликованных в подробности материалов определять направление главного сейсмического удара.

Новые материалы

В регионе выделены и вкратце охарактеризованы несколько вполне выразительных с точки зрения факторов и силы воздействий черт (типов) повреждений и деформаций дольменов. Повреждения и нарушения в большинстве случаев (а их сотни) обнаруживаются на каждом отдельном дольмене и в группах близких памятников. Они могут затрагивать, как отдельные составные элементы (пол, боковые стены, кровлю), так и несколько на каждом сооружении. В отдельных случаях они таковы, что привели к почти полному коллапсу постройки, но чаще нарушают отдельные элементы или один из элементов сооружения. Отдельные нарушения выражаются в раскалывании единичной плиты или нескольких в разных частях памятника. Иногда фрагментированные элементы остаются почти на своем месте, только расщеляясь, но чаще они отодвинуты и/или отброшены в сторону, нередко за пределы постройки, т.е. на величину до 2-3 м по горизонтали. Никаким экзогенными воздействиями названные признаки не объясняются, не могут они быть приписаны и человеческой деятельности. Воздействия сейсмические.

По указанным признакам удастся градуировать нарушения по силе внешнего воздействия в пределах от VII-VIII, до IX баллов. Наиболее выразительны и информативны два случая раскалывания построек (частей их) вместе с подстилающим скальным основанием, на котором они возведены. Здесь воздействия интенсивностью IX баллов сомнений вызвать не могут. Эти пункты – Солоники (Рис. 1, пункт 3, № 1) и Солох-аул на юго-востоке (Рис. 1, пункт 4,

№ 3). Подробные характеристики здесь даны быть не могут. Практически отсутствуют нарушения в группе дольменов у с. Адербиевка, к юго-востоку от г. Новороссийск, что не дает оснований допускать здесь сотрясения с $I > VIII$ баллов за время существования дольменов. Такое заключение по участку подтверждается характером нарушений менее крупных и более молодого возраста дольменов вблизи г. Геленджик.

Рис. 1. Карта местонахождения дольменов на Западном Кавказе [1] с выделением участков наиболее поврежденных и разрушенных конструкций (по автору)

1 – участки (группы) с наиболее сильными повреждениями: 1 – Пшада, 2 – Анастасиевка, 3 – Солоники, 4 – Солох-аул (на выносной экспликации изображены конкретные структуры с условными номерами каждой); 2 – местонахождение дольменов; 3 – главный Кавказский хребет; 4 – граница леса

Новые разработки позволяют, помимо выделявшихся автором прежде по археосейсмическим данным очаговых областей с $IO \sim IX$, наметить еще несколько таковых в прибрежной полосе за более длительный период, примерно за 4 тыс. лет. С северо-запада на юго-восток таковых обнаружено четыре, в окрестностях р. Пшада и к северу и к югу от г. Сочи (Рис. 1, пункты 1 – Пшада, 2 – Анастасиевка, 3 – Солоники, 4 – Солох-аул). Первая из них, вероятно,

ориентирована вдоль основных геологических структур и побережья. Еще одна новая очаговая область с продольной ориентацией в относительной близости к г. Туапсе, скорее всего, должна соотноситься с (при)осевой зоной Главного Кавказского хребта. Две поперечные области вблизи г. Сочи, располагаются к юго-востоку. Такое простираие неудивительно после того, как Сочинское землетрясение 1870 г. по уточненным и дополненным макросейсмическим данным оказалось имеющим $M=6$ и поперечную к берегу длинную ось макросейсмического поля [6] (Рис. 2).

Рис. 2. Карта очаговых зон сильных землетрясений на Кавказском побережье Черного моря, выявленных с помощью археосейсмического метода (римскими цифрами обозначен век землетрясения, арабскими – год)

1 – области, выявленные в 80-х годах XX века по деформациям на архитектурных памятниках побережья [10]; 2 – области, выявленные автором в 2015 году по повреждениям и разрушениям дольменов (на выносной экспликации даны исходные макросейсмические данные и макросейсмическое поле исторических землетрясений 1870, 1879 и 1966 гг. по ранним публикациям автора). 3 – местонахождение дольменов; 4 – главный Кавказский хребет; 5 – граница леса.

В 80-е годы прошлого века, когда автором были намечены подводные очаговые области сильных землетрясений в юго-восточной части Кавказского побережья, представительных материалов по тектонике береговой полосы и взморья не существовало. Теперь, после получения более полной и представительной картины распределения во всем регионе очаговых областей сильных землетрясений в последние 3-5 тыс. лет, такая возможность появилась. При сравнении двух независимо полученных групп данных, а именно, о зонах разломов, продольных и поперечных, и о позиции очаговых областей сильных, т.е. с относительно глубокими гипоцентрами, землетрясений, отчетливо выявляется следующее. Все пять выделенных автором продольно, т.е. с северо-запада на юго-восток ориентированные, очаговые зоны попадают на зоны взбросо-надвигов первого порядка. Все три поперечного простирания поперечные очаговые зоны совпадают с разломными зонами антикавказского протяжения, выявленными на суше, но, по всей вероятности, продолжающимися и к материковому склону. Две из продольных очаговых зон (Геленджикская и Туапсинская) располагаются, как оказалось, на пересечении крупных разломов, продольных и поперечных, т.е. в тектонических узлах. Отсюда выводится достаточно определенная (в рассматриваемом масштабе) структурно-тектоническая предопределенность и геодинамическая обусловленность возникновения крупнейших очаговых зон, и, соответственно, характер и уровень их динамического проявления. Таким образом, появляются необходимые и достаточные основания для оценок, как сейсмического потенциала, так и сейсмической опасности в долговременном аспекте, включая и их картографическое отображение на государственных картах.

Обсуждение

До сих пор материалы и результаты археосейсмических исследований остаются вне внимания сейсмологов, хотя свидетельствуют о том, что Кавказское побережье Черноморья в последние столетия и тысячелетия многократно подвергалось разрушительным землетрясениям с $M \geq 6$. В этой

ситуации естественно сопоставить полученный блок данных о сильных сейсмических проявлениях в прибрежной полосе Кавказского побережья с картами сейсмического районирования последнего поколения. Обратим внимание соответствующие новейшие публикации двух групп высококвалифицированных исследователей.

Первая группа, как это отчетливо видно по картам в [9, Рис. 1, 5, 7, 10] и как следует из текста публикации, использовала каталог издания 1977 г. [7]. На всем Черноморском побережье не оказалось ни одного события с $M \geq 5.7$, да и те только в Анапской зоне. Соответственно, на схеме с сейсмическими линеаментами вдоль побережья выделены и рассматриваются только те, что генерируют землетрясения с $M = 6.0 \pm 0.2$ [10, Рис. 2]. Поэтому, в отличие от ряда других районов Сев. Кавказа, Черноморское побережье фактически оказалось не включенным в число сейсмически опасных районов Кавказа. На изданной МСССС и ИФЗ в 1983 г. Карте сейсмического районирования СССР в м-бе 1:5 млн. все Кавказское побережье отнесено к VII-балльной зоне. На макете карты ОСР-14-В для периода повторяемости 1000 лет все Черноморское побережье Кавказа, даже Анапская очаговая область, показаны как зона с $I = VIII$ баллов.

Другая группа исследователей представила версию детального сейсмического районирования Сев. Кавказа [9]. Среди основ предпринятой ими работы авторы выделяют «детальное изучение сейсмичности», а также «целесообразность использовать как можно более полный каталог землетрясений». Итогом работ, по их сообщению, «являются схемы эпицентров сильных и слабых представительных сейсмических событий» (там же, стр. 38). На рисунке 1, «Эпицентры землетрясений Сев. Кавказа и сопредельных территорий по инструментальным и историческим данным с древнейших времен по 2012 г. ($M \geq 3.3$)» на протяжении Кавказского побережья, от г. Новороссийск до г. Гудаута, в прибрежной зоне обозначены три эпицентра событий с $5 \leq M \leq 6$, т.е. нет ни одного IX-балльного. На рисунке 3 «Карта зон ВОЗ Сев. Кавказа с указанием их сейсмического потенциала ($M_{\max}$)» выделена лишь одна

вдольбереговая зона с умеренно высоким потенциалом на всем указанном, свыше 300 км, протяжении прибрежной полосы нет ни одной зоны высшего ранга и ни одной поперечной зоны.

Заключение

Ясно, что учет опубликованных с 1988 г. материалов [2, 4, 5, 10 и др.] привел бы к иным оценкам и сейсмического потенциала, и сейсмической опасности, а карты СР на всю прибрежную, первостепенного жизненного и хозяйственного значения полосу для периодов >100 лет выглядели бы совершенно иначе.

Выводимые оценки сейсмического потенциала и опасности региона неизбежно ведут к переоценке общих рисков, поскольку установление сильных землетрясений в регионе ввиду его специфического положения неотвратимо влечет за собой необходимость учета сопровождающих разрушительных процессов на суше и в море в виде разрывов, крупных оползней и цунами. Речь к тому же идет не только о курортной зоне общероссийского значения (с детской здравницей), но и об объектах значимости особой, таких как Новороссийский порт, газонефтяные трубопроводы, терминалы, недублируемые транспортные пути и коммуникации, Международный олимпийский объект в Сочи и др.

Автор признателен Л.Д. Флейфель и Л. Е. Борисовой за техническую помощь.

Список литературы

1. Марковин В.И. Дольменные памятники Прикубанья и Причерноморья. М. 1997. 404 с.
2. Никонов А.А. Гибель античных городов Диоскурия и Себастополис в Колхиде как результат сейсмических воздействий // Геоэкология. 1997. №4. С. 111-122; №6, С. 121-126.
3. Никонов А.А. К методологии археосейсмических исследований памятников прошлого // Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1990. Вып. 31. С. 137-142.

4. Никонов А.А. Об исторических землетрясениях и сейсмическом потенциале района г. Анапы // Сейсмологический бюллетень Украины за 1993 г. Симферополь. 1996. С. 84-87.
5. Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: сопоставление региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. 2000. № 7. С. 53-62.
6. Никонов А.А. Сильнейшее из зарегистрированных в районе Большого Сочи землетрясение 1870 г. – новые оценки параметров // 3-я Росс. Конфер. по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию. Сочи, 1999 г.: Тезисы докладов. М. 1999. С. 27.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен по 1974 г. Под ред. Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина. М.: Наука, 1977. 536 с.
8. Рогожин Е.А., Лутиков А.И., Овсяченко А.Н., Донцова Г.Ю., Родина С.Н., Кучай М.С. Опыт детального сейсмического районирования Северного Кавказа // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2013. № 4. С. 38-42.
9. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П., Шумилина Л.С. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе // Физика Земли. 2007. № 7. С. 31-45.
10. Nikonov A.A. Unknown catastrophic earthquakes on the Eastern Black Sea coast: an experience in archaeoseismic reconstructions // Proc. Symp. Europ. Seismol. Commiss. XXI General Assembly, 23-27 August 1988, Sofia, Bulgaria. Sofia, 1989. P. 101-111.