

УДК 550.34:53,55+550.342.5,344(477.75)

## УТОЧНЕННЫЕ РЕШЕНИЯ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЛЯ И МЕХАНИЗМА ОЧАГОВ КРЫМСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1927 г.

© 2012 г. А.А. Никонов

*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия*

Представлены построенные на основе обширных макросейсмических данных, опубликованных сейсмологами Крыма и дополненных собранными автором, уточненные карты изосейст двух основных толчков Крымских землетрясений 1927 г., произошедших 26 июня и 11 сентября. Независимо от инструментальных данных, но в сопоставлении с ними обсуждаются характерные черты макросейсмического поля каждого из толчков; определяется позиция эпицентров; дается вероятная характеристика очагов.

Уточненные решения параметров главных событий 1927 г. с учетом исторических данных позволяют более надежно оценить долговременную сейсмическую опасность Ялтинской очаговой зоны.

**Ключевые слова:** Крымские землетрясения, карты изосейст, макросейсмические исследования, макросейсмическое поле, механизм очага, долговременная сейсмическая опасность.

*Памяти выдающегося сейсмолога  
Николая Виссарионовича Шебалина<sup>1</sup>*

### Введение

Со времени Крымских землетрясений прошло более 80 лет. Однако события, произошедшие 26 июня и 11 сентября 1927 г., по сей день остаются наиболее значительными среди землетрясений региона за последние сотни лет. Июньское землетрясение проявилось на Южном берегу Крыма с силой до 7 баллов, сентябрьское – с силой 7–8 баллов (местами до 8). Более слабые, но вполне ощутимые сотрясения охватили весь Крымский полуостров, распространяясь в южные части Восточно-Европейской платформы. На Южном берегу Крыма от Фороса до Алушты сентябрьское землетрясение привело к существенным повреждениям строений, значительным убыткам, вызвало панику и растерянность среди курортников и части местных жителей [Черноморские..., 1928; Никонов, 2003]; широкое распространение получили нервно-психические расстройства [Брусиловский, Бруханский, Сегалов, 1928]. Землетрясение стало бедствием, нарушившим устоявшуюся жизнь значительной части населения Крыма, потребовавшим экстренного реагирования партийных и государственных органов. Одновременно оно привлекло внимание большого числа научных и инженерных работников к проблеме сейсмичности региона. При Народном комиссариате здравоохранения РСФСР был создан возглавляемый Н.А. Семашко Комитет содействия борьбе с последствиями землетрясения, перед которым стояла задача координации сбора и расходования средств, организации медицинской помощи пострадавшим, распространения достоверной информации вместо панических и апокалиптических слухов о провале Крыма [Черноморские..., 1928; Никонов, 2003].

---

<sup>1</sup> Н.В. Шебалин (1927–1996) – доктор физико-математических наук, профессор, крупнейший российский ученый в области сейсмологии и макросеймики, многие годы занимавшийся изучением Крымских землетрясений 1927 г.

На момент землетрясения в Крыму не было специалистов-сейсмологов, как не было и сейсмических станций. Сбором сведений о землетрясениях по личной инициативе занимались местные научные работники других специальностей, среди которых были П.А. Двойченко, С.В. Шимановский, В.Ф. Бончковский, А.Х. Полумб, В.А. Слудский, А.В. Вознесенский, Ю.М. Шокальский.

По постановлению Бюро нормирования стройпроизводства Госплана СССР в Крым были направлены инженеры В.П. Некрасов и М.М. Ижевский для ознакомления с характером разрушения зданий, разработки мероприятий по их восстановлению и мер антисейсмического характера, что и было осуществлено на высоком для своего времени уровне<sup>1</sup>.

### Общие сведения о Крымских землетрясениях 1927 г.

В результате землетрясения 11 сентября погибли 17 человек, 830 получили ранения, в том числе 375 тяжелые; материальные убытки составили весьма значительную по тем временам сумму до 50 млн. рублей (при толчке 26 июня материальные убытки оценивались в 0.5 млн. руб.) [Черноморские..., 1928; Полумб, 1933]. Курортному хозяйству и жилому фонду в южной и юго-западной частях полуострова был нанесен серьезный урон – в ряде городов и населенных пунктов до 50% жилья стало непригодным. Только в Ялтинском районе без крова остались 17 тыс. человек. Ни население, ни власти Крыма к стихийному бедствию такого масштаба не были готовы. К тому же в регионе не было ни специального сейсмологического или хотя бы геологического учреждения, ни одной сейсмической станции (станция в Феодосии вступила в строй в ноябре 1927 г., бюллетени начали выпускаться с марта 1928 г.). Отсутствовала методология проведения систематического обследования последствий, целенаправленного научного и прикладного исследования природных явлений, сопровождающих землетрясения; не было и средств на организацию подобных исследований. Во всей стране насчитывались единицы специалистов-сейсмологов, но среди местных жителей и исследователей, работающих в смежных областях, нашлись энтузиасты, которые собрали немало ценных сведений, проведя соответствующие наблюдения и опросы населения. Ими были опубликованы статьи, часть из которых содержала фактические данные, в других рассматривались общие вопросы. К сожалению, до недавнего времени эти публикации оставались малоизвестными и фактически не использовались.

Уровень естественнонаучных знаний у широкой публики в те годы был довольно низким, и общественность беспокоил вопрос: что будет с Крымом? Не провалится ли он в пучины Черного моря? На этот вопрос в интервью и статьях отвечали известные геологи В.А. Обручев, А.Д. Архангельский, М.М. Тетяев, Н.И. Свитальский, А.П. Двойченко. Вскоре появились сборник “Черноморские землетрясения 1927 г. и судьбы Крыма” [Черноморские..., 1928], книга и статьи П.А. Двойченко [1928а,б]. Однако в связи с тем, что П.А. Двойченко вскоре был репрессирован, его книга стала недоступной и практически не использовалась последующими исследователями.

Полноценной работы, в которой обобщались бы и разносторонне анализировались собранные материалы по Крымским землетрясениям 1927 г., так и не появилось; сведения оставались разбросанными в заметках, статьях и книгах разных авторов. Наиболее содержательными из опубликованных в конце двадцатых годов сведений следует считать представленные в работах А.Х. Полумба [1933], П.А. Двойченко [1928], А.В. Вознесенского [1927], С.В. Шимановского [1927, 1928]. Большое число макросейсмических сведений, особенно первичных, ценных, несмотря на их разрозненность,

<sup>1</sup> *Ижевский М.М.* Разрушения в Крыму от землетрясения 1927 г. и основные правила сейсмостойкого строительства. 1928. 9 с. Машинописная версия. Архив автора.

осталось в случайных и редких изданиях, в периодической печати, в архивах. Многие десятилетия эти сведения были или недоступны, или забыты и не востребованы сейсмологами, специально занимавшимися Крымскими землетрясениями на более позднем этапе (С.В. Медведев, Р.Н. Морозова, Н.В. Шебалин, Б.Г. Пустовитенко и др.). Что касается инструментальных данных, то они обработаны и обобщены отдельно от макросейсмических в [Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989].

Современному исследователю, который стремится продвинуться в познании многообразных сейсмических и других сопутствовавших землетрясению проявлений в Крыму в 1927 г., приходится собирать исходный материал заново, извлекая его по крупицам из самых разных, большей частью малодоступных источников. Эта трудоемкая работа необходима, поскольку Крымские (они же Черноморские) землетрясения 1927 г., будучи в определенной мере эталонными для Восточного Средиземноморья, но не обеспеченными качественными инструментальными записями, до сих пор содержат ряд неясных и спорных вопросов принципиального характера, прояснение которых может способствовать общему прогрессу сейсмологии как науки. Прежде чем назвать эти вопросы, отметим специфику рассматриваемых событий и сведений о них.

1. Очаги Крымских землетрясений располагались под дном моря; суждения же о них выносились почти исключительно по наземным наблюдениям.

2. По ряду причин после землетрясения собирались и, что главное, обобщались в основном сведения о повреждениях строений, но в гораздо меньшей степени о нарушениях рельефа и сопутствующих природных проявлениях.

3. Геологическая структура региона, особенно глубинная, долгие годы оставалась слабо изученной, в связи с чем полноценное сопоставление с ней поверхностных проявлений оказалось невозможно.

4. И сразу после землетрясения, и позже не удалось с сеймотектонической и геодинамической позиций проанализировать сейсмические процессы (развитие очага) не только детально во времени и пространстве, но и обобщенно. Это было трудно сделать не только по общеэкономическим причинам, но и ввиду недостаточной развитости методологии и методики сеймотектонических и геодинамических исследований, недостаточного знания структуры и новейшей истории региона.

Несмотря на то, что часть перечисленных вопросов затрагивалась в публикациях, появившихся сразу после землетрясения и в более поздние годы, например [Двойченко, 1928б; Шебалин, 1974; Пустовитенко, Кульчицкий, 1975; Пустовитенко и др., 1976, 1989; Никонов, 1994, 2000, 2002; Никонов, Сергеев, 1996; Кульчицкий и др., 2002], до сих пор целый ряд проблем остается нерешенным. В частности, не разработаны на должном уровне представления о макросейсмическом поле и механизме очагов.

Рассмотрение этих вопросов ныне более чем актуально. В настоящей статье мы сосредоточим внимание на восстановлении макросейсмического поля, положении эпицентров и интерпретации механизма очага двух главных толчков Крымских землетрясений 1927 г. – июньского и сентябрьского. Специфические трудности в данном случае связаны с тем, что наблюдательный материал, во-первых, поступал не из эпицентральной области и только из северного полупространства, и, во-вторых, в основном это не инструментальные, а макросейсмические данные.

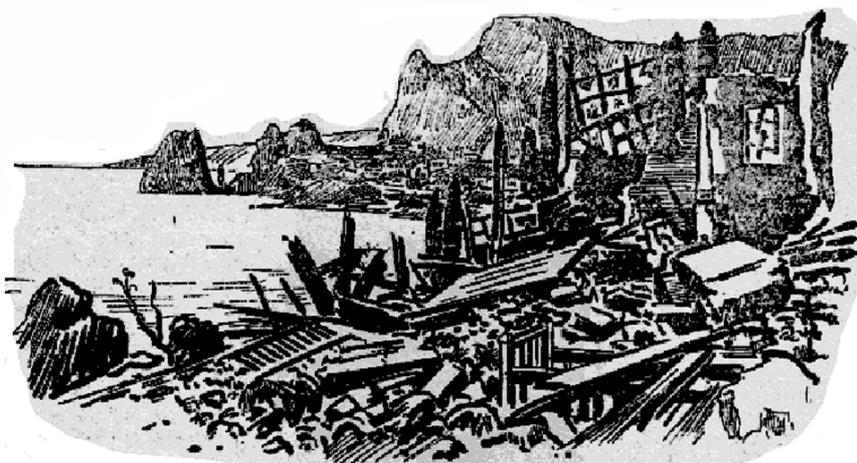
### **О состоянии базовых знаний по Крымским землетрясениям 1927 г.**

В результате усилий нескольких поколений специалистов к настоящему времени установлены многие основные характеристики рассматриваемых землетрясений. Сейсмическая деятельность в регионе характеризуется двумя резкими и внезапными вспышками, кульминацией которых стали сильные события 26 июня и 11 сентября 1927 г.,

имеющие следующие параметры [Новый..., 1977]: толчок 26 июня –  $M=6.0\pm 0.1$ ,  $I_0=7\pm 0.5$ ; толчок 11 сентября –  $M=6.8\pm 0.1$ ,  $I_0=(9)\pm 0.5$ <sup>1</sup>. Надо отметить, что ранее пределы неопределенности оценок магнитуды были значительно более широкими [Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989].

По инструментальным данным эпицентральные области обоих толчков располагались под дном Черного моря в нескольких десятках километров к югу от Ялты. Афтершоки длились несколько лет, мигрируя по разрывной структуре вдоль континентального склона, параллельного Южному берегу Крыма.

На рис. 2, сделанном с натуры сразу же после анализируемых событий, хорошо видны разрушения, которые позволяют оценить силу землетрясения в окрестностях Симеиза.



**Рис. 1.** Разрушения в окрестностях Симеиза после Крымских землетрясений 1927 г. Рисунок с натуры художника М.Я. Мизернюка. Архив автора

Надо отметить, что оценки силы землетрясения (эффекта на поверхности), сделанные разными авторами, расходятся. Так, первоначально сила сентябрьского толчка на суше оценивалась в 9 баллов, что сегодня считается явным завышением. Признается, что сила июньского события на суше составляла 7 баллов по шкале *MSK-64* (неопубликованная работа С.В. Медведева и Р.Н. Морозовой<sup>2</sup>), 6–7 баллов [Никонов, Сергеев, 1996], а сентябрьского – 8 баллов (работа С.В. Медведева и Р.Н. Морозовой), [Пустовитенко, Кульчицкий, 1975; Скляр, Князева, Королев, 2000] и 7–8 баллов [Никонов, Сергеев, 1996]. Отмечаемые расхождения в оценках невелики и связаны с различиями методических подходов.

Положение эпицентров землетрясений в разные годы определялось по-разному (обзор см. в [Левицкая, 1948]). В настоящее время считается, что они расположены на акватории Черного моря: эпицентр июньского толчка – в 22 км к юго-востоку от Ялты, эпицентр главного толчка сентябрьского землетрясения – в 25 км к юго-юго-востоку от Ялты. Известны разные оценки глубины очагов: по [Новый..., 1977] июньский толчок – 20 (10–40) км, сентябрьский – 17 (8–35) км; по [Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989] соответственно  $25\pm 5$  км и  $15\pm 5$  км (в оригинале  $\pm 15$  км, что скорее всего – опечатка).

Форма изосейст и конфигурация области афтершоков, зарегистрированных инструментально в период с середины 1928 г. по 1933 г., позволяют большинству авторов

<sup>1</sup> На практике принято в скобках указывать недостаточно надежные значения.

<sup>2</sup> Медведев С.В., Морозова Р.Н. Каталог сильных землетрясений Крыма. М.: ИФЗ АН СССР, 1962. 43 с. Машинописная версия. Архив автора.

считать, что проекция очаговой области на земную поверхность имеет форму эллипса. Эллипс вытянут вдоль побережья Крымского полуострова и материкового склона в северо-восточном направлении на  $80 \pm 20$  км; его геометрический центр располагается к юго-востоку от Ялты. На поверхности земли оси области афтершоков имеют размеры 68 км (большая ось) и 32 км (малая) [Левицкая, 1948; Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989]. Известны и другие представления о вытянутости очаговой области первого землетрясения – авторы работ [Шебалин, 1974; Пустовитенко, Кульчицкий, 1975; Пустовитенко и др., 1976] считают, что она вытянута не вдоль побережья, а в поперечном направлении. Однако фактическое обоснование таких представлений публиковалось в ограниченном объеме. Близкий результат был получен ранее и автором по независимо обработанным первичным макросейсмическим данным, но без специального рассмотрения вопроса об очаге [Никонов, Сергеев, 1996].

Принципиально важным результатом более поздних инструментальных сейсмологических исследований следует считать установление крутого падения фокальной зоны землетрясений под материк (к северо-западу), что позволило сделать заключение о взбросовом характере перемещения крымского блока или пододвигании черноморского блока под материковый [Горшков, Левицкая, 1947]. Вместе с тем, структурно-геологическое обоснование этого положения долгое время отсутствовало.

Несмотря на большое количество публикаций, появившихся со времени рассматриваемых землетрясений, приходится констатировать, что представления о макросейсмическом поле и механизме очагов остаются не вполне разработанными, и это побуждает к дальнейшим исследованиям.

Главные особенности авторского подхода к сбору и обобщению сведений о Крымских землетрясениях 1927 г. состоят в следующем.

1. Охват значительно большего числа первоисточников, включая вновь обнаруженные и те, которые не были использованы ранее, при их совместном рассмотрении.
2. Включение в рассмотрение всех территорий, на которых проявились сейсмические события, в том числе за пределами Крымского полуострова к северу, востоку и юго-востоку от него.
3. Тщательный сбор и анализ сведений по отдельным проявлениям (сейсмическим и сопровождающим) на всей территории отдельно перед землетрясением, во время главного толчка и в связи с каждым из афтершоков.
4. По возможности учет сведений о направленности излучения при каждом толчке и о дальности распространения ощутимых колебаний.
5. Сбор и систематизация разрозненных, включая ранее неизвестные, сведений о явлениях на море; их хронологическое и пространственное сопоставление с явлениями на прилегающей суше.
6. Временная и площадная корреляция макросейсмических данных с записями сейсмических станций, удаленных на расстояние не более 1200 км.
7. После обобщения первичных макросейсмических данных учет (по возможности) известных структурно-геологических особенностей исследуемого района.

### **Первичные макросейсмические сведения и оценка поверхностных эффектов**

При решении задач данной публикации автор опирался на широкий круг источников. Наиболее значимые сведения, помимо общеизвестных, были почерпнуты из современной рассматриваемым событиям центральной и местной периодической печати; работ П.А. Двойченко [1928а,б]; архивов А.В. Вознесенского и Ю.М. Шокальского, находящихся в Архиве Русского Географического общества; дневника У. Боданинского из Архива Бахчисарайского музея-заповедника; бюллетеней погоды и состояния моря Азчермета (Феодосия) и из ряда других источников.

В настоящей статье автор не приводит сами первичные сведения, поскольку они в достаточно полном виде уже были опубликованы им ранее в [Никонов, 2003], где представлены свидетельства более чем 25 очевидцев из 11 основных населенных пунктов Крыма. До выхода названной работы крымские сейсмологи В.С. Князева, А.М. Скляр и В.А. Королев опубликовали сведения, собранные ими в 71 пункте по июньскому толчку и в 183 пунктах по сентябрьскому [Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000]. Сбор исходного макросейсмического материала этими авторами осуществлен представительно и системно. Они использовали не столько разрозненные сведения предшественников, сколько собрали и свели воедино архивные материалы, а именно, протоколы комиссий обследования повреждений, работавших на местах вскоре после толчков 26 июня и 11 сентября 1927 г. Ценность этих документов неоспорима; они составляют важный массив исходных данных, однако не могут заменить или уменьшить значимость других первичных источников, также достаточно многочисленных и представительных.

Приводимый ниже отрывок из очерка К.А. Фебина [2007] практически неизвестен ни сейсмологам, ни широкой публике. В нем отражены не только индивидуальные ощущения, но и групповое поведение людей, общая обстановка разрушения и смятения во время повторяющихся толчков, что делает целесообразным его воспроизведение в настоящей статье.

“Я лег спать в одиннадцать часов и быстро уснул. Пробуждение было тягостно, как после мучительного, страшного сна... Я открыл глаза и ничего не узнал. Я продолжал куда-то лететь. Протяжный, очень глубокий, непрерывный гул поглощал собою все. С ужасной силой раздавалось скрипение стен, пола, потолка. На мою голову, на одеяло, на руки что-то дробно сыпалось, точно шел град. Подо мной уползала кровать.

Я очнулся. Я узнал, что я у себя, в своем номере гостиницы, но я еще не мог понять, что происходит. Стены трепыхались, как паруса, в которые начал ложиться ветер. Кровать моя продолжала катиться, освещенное луною окно быстро раскачивалось, и на свет видно было рябую пелену сыпавшегося с потолка мела, кусков штукатурки.

Тогда сквозь гул, скрипение и треск я мгновенно понял, что это не только в моей комнате, что это во всей гостинице, во всем городе...

Все описанное длилось одну–две секунды... Я только вслушивался в непередаваемо жуткое соединение густого подземного стопа с треском и скрипением стен.

... В темноте я сбежал по лестнице на узенькую, засаженную цветами площадку двора. Почти все женщины выбежали в ночном белье. Я услышал истерические крики и плач. Из домов все еще выбегали жильцы. ...

Смятение проходило, и я без особой опаски вернулся в дом, чтобы обуться. Пол в моем номере был усыпан мелом, куски карнизов валялись по углам, со стола упала пепельница, карандаши, книга. При свечке я мог различить только одну большую трещину над карнизом внешней стены.

На узенькой Морской горели фонари. Вдоль тротуаров и на мостовой валялись груды кирпича, обломки карнизов. На домах чернели громадные трещины.

Набережная улица запружена людьми. Все теснятся к морю, подальше от фасадов гостиниц. С них сорваны балюстрады, угол одного дома упал, крыша повисла в воздухе. Дорога усеяна обломками камней, кирпича, штукатуркой. ... Близ мола я увидел первые развалины: невысокие дома обнажили свои чердаки, массивные фронтоны были сорваны и своею каменной грудой исковеркали стоявшие внизу вагонетки” [Федин, 2007, с. 93–94].

В этих свидетельствах неспециалиста события изложены столь четко и детально, что не остается сомнений – сотрясения при первом толчке в ночь с 11 на 12 сентября могут быть оценены примерно в 7 баллов по шкале *MSK-64* в полном соответствии с независимыми определениями, выполненными специалистами по другим признакам.

Другое воспроизводимое нами свидетельство ценно тем, что оно принадлежит не просто высокообразованному человеку, а известному географу, члену Сейсмической комиссии Ю.М. Шокальскому, знакомому с изучением землетрясений. Кроме того, описание относится к Судаку, расположенному на восточном фланге области сильных сотрясений – до публикации свидетельства Ю.М. Шокальскому [2006] сейсмологи не располагали достоверными сведениями по этому району.

“Самый дом расположен почти вдоль по параллели и представляет длинный прямоугольник с несколькими поперечными стенами, большей частью – капитальными. Стены сложены из кирпича на известковом растворе. Дом одноэтажный и комнаты не выше 4 арш., цоколя нет, пол почти лежит на земле. Стены не менее как в 2½ кирпича. Крыша черепичная.

Ориентировка стен дома, длинная стена по параллели, определено на глаз по Полярной звезде....

Меня разбудило необыкновенно сильное и частое трясение сетки вдоль кровати, т.е. вдоль параллели... Отсюда я заключил, что трясение продолжалось не менее 15–20 с. По моим часам было 12 ч 20 мин и около 30 с ... Сейчас же как прекратились толчки вдоль параллели, и даже немного ранее, раскачалась висючая лампа. Длина подвеса ее около аршина, а амплитуда колебаний была до 30°, не менее. Лампа качалась почти перпендикулярно параллели, вернее от *NW* к *SE*. В одной из комнат упала картина.

В другом доме, расположенном длинными сторонами с *ESE* на *WNW*, и много менее прочной постройки (низ оч. старый, сложен из плохо пригнанных и неотесанных камней на известковом растворе, а второй этаж из саманного кирпича), пострадали больше. Восточную стену второго этажа выпучило слегка наружу. Одна из труб сорвалась и наклонилась с *SE* к *NW*, т.е. по направлению качания лампы. Во втором этаже везде над дверьми – трещины по продолжению обоих косяков. Немного разошлись вдоль стены потолки. Балки пола 2-го этажа, видимые хорошо из обширного сарая первого этажа, совершенно не потревожены и нигде не вышли из гнезд.

В одноэтажном доме, о котором говорилось выше, местами в поперечных внутренних стенах (т.е. почти меридиональных) отошла от кладки штукатурка на значительном расстоянии. Потолок получил трещины, особенно в углах. В 3-м доме, в 100 с[аж.] к северу и также ориентированном по параллели, имеющем три арки, поддерживающие верхний балкон, своды дали трещины и около замочного камня и по краям.

В церкви, в версте расстояния и ближе к морю, своды купола (деревянного, церковь каменная) тоже дали трещины.

Поперечные волны, когда началось землетрясение, были очень сильны и продолжительны. Ощущение их было столь неприятно, как сильная морская болезнь, и не проходило довольно долго, до получаса. Продольные волны, раскачавшие лампу, были малочувствительны. Определяя по шкале Росси–Форея, полагаю силу землетрясения между 7–8 баллами” [Шокальский, 2006, с. 68-69].

Согласно приведенному описанию, сотрясения в Судаке при этом событии имели интенсивность 6–7 баллов по шкале *MSK-64*. Свидетельства обоих очевидцев без сомнения отличаются от других полнотой и информативностью как в отношении главного толчка 11 сентября, так и его афтершоков (сведения по афтершокам в настоящей публикации не приводятся, но они имеются в оригиналах цитируемых работ). Именно эти свидетельства могли стать и стали опорными в наших оценках для соответствующих населенных пунктов при установлении силы толчка по поведению людей, смещению предметов и по повреждениям строений. В частности, опираясь именно на них, мы получили достоверные оценки интенсивности в Ялте и Судаке, причем с учетом воздействия последующих сильных афтершоков, а не кумулятивно, как это делалось ко-

миссиями при составлении актов обследования [Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000]. Поэтому не удивительно, что наши оценки интенсивности ниже тех, что принимались обычно. Этот вопрос специально обсуждается далее.

Всего нами были рассмотрены сведения по 81 пункту для июньского толчка и по 193 пунктам для сентябрьского, что значимо превышает и по количеству, и по существу те сведения, которые использовались в предшествующих исследованиях. В рассмотрение были вовлечены также другие многочисленные источники и исходные сведения, собиравшиеся автором не менее 20 лет. Это, во-первых, воспоминания очевидцев [Никонов, 2003; Шокальский, 2006; Федин, 2007]; во-вторых, свидетельства непосредственных наблюдателей, почерпнутые из разных (не только крымских) газет того времени и последующих публикаций, а также из ряда отчетов, в том числе составленных П.А. Двойченко, А.Х. Полумбом, У. Боданинским, В.Ф. Бончковским, С.В. Шимановским, С.В. Медведевым, Б.Г. Пустовитенко и др.; в-третьих, фотодокументы из разных источников (фотоархив Бахчисарайского музея, неопубликованный альбом фотографий, составленный А.Х. Полумбом<sup>1</sup>), фотографии и рисунки, публиковавшиеся в разных изданиях вскоре после события, отдельные обследования и фото автора данной статьи. Приводимая ниже табл. 1 наглядно демонстрирует, насколько более представительен объем данных, использованных автором настоящей статьи при составлении карт изосейст, по сравнению с теми, что использовались предшественниками (см. последнюю строку табл. 1).

Автор не только расширил список пунктов наблюдения, но также заново и независимо оценил интенсивность сотрясений в каждом из них [Никонов, 2007]. Используя архивные данные, опубликованные в [Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000], автор откорректировал сделанные в этих работах оценки интенсивности, поскольку их механическое использование невозможно по нижеприводимым причинам.

**Таблица 1.** Исходные макросейсмические данные, положенные в основу двух вариантов карт изосейст Крымских землетрясений 1927 г.

Автор	Крымские землетрясения 1927 г.	
	26 июня	11 сентября
А.А. Никонов [2007]	Извлечения из крымских архивов, 67 пунктов [Скляр, Князева, Королев, 2000]	Извлечения из крымских архивов, 172 пункта [Скляр, Князева, Королев, 2000]
	Опубликованные научные материалы современников события: В.Ф. Бончковский [1927], П.А. Двойченко [1928]	Опубликованные научные материалы современников события: П.А. Двойченко [1928], А.Х. Полумба [1933] и др.
	Архивные материалы У. Боданинского, А.В. Вознесенского	Архивные материалы А.В. Вознесенского, У. Боданинского, Ю.М. Шокальского
	Воспоминания современников события (более 7 человек)	Воспоминания современников события (более 12 человек)
	Публикации газеты “Красный Крым” и др. за 1927 г.	Фотоархив, 150 фотографий
		Публикации газеты “Красный Крым” и др. за 1927 г.
	Материалы комиссии по ликвидации последствий под председательством А.Н. Семашко	
А.М. Скляр, В.С. Князева, В.А. Королев [2000]	Извлечения из крымских архивов, 67 пунктов	Извлечения из крымских архивов, 195 пунктов

<sup>1</sup> Альбом фотографий “Последствия Крымского землетрясения 1927 г.”. Собрал А. Полумб. Ялта, 1939 (хранится в библиотеке ИФЗ РАН).

1. Акты комиссий составлялись в течение одной–нескольких недель после июньского и сентябрьского событий и отражают в связи с этим суммарные последствия ряда толчков. В наибольшей мере это относится к сентябрьскому землетрясению, сопровождавшемуся сильными афтершоками, которые, как хорошо известно, приводили к серьезным дополнительным разрушениям зданий, уже поврежденных главным толчком.

2. Далеко не во всех пунктах (особенно вне городов) комиссии работали сами – они вынужденно пользовались сообщениями, передаваемыми с мест. На местах же, как это часто бывает в подобных ситуациях, ущерб завышался для получения материальных компенсаций. Известны случаи, когда в реестр пострадавших от землетрясения сооружений для получения средств на ремонт вносились строения, пришедшие в ветхость ранее, в первую очередь, школы [Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000].

3. В ряде пунктов оценки основаны на невыразительных или, напротив, исключительных, единичных характеристиках повреждений непредставительных строений. Подобные сведения не дают адекватного представления о средней степени повреждений в рассматриваемом пункте. Иногда использовались сведения, относимые в шкале *MSK-64* к третьей группе признаков (группа “в” – природные изменения), которые не имеют надежных соотношений с интенсивностью, особенно в условиях крутых скальных склонов и развития живых оползней на Южном берегу Крыма [Никонов, Сергеев, 1996; Esposito et al., 1997; Nikonov, Sergeev, 1997].

Отметим, что наши предшественники использовали исключительно признаки, относимые в шкале *MSK-64* ко второй группе (группа “б” – сооружения), и не учитывали при этом возможный кумулятивный эффект, располагая материалами обследований только зданий, собранными спустя дни и недели после главного события. Автор настоящей работы опирался в основном на впервые используемые собранные им наблюдения и ощущения очевидцев события, т.е. на признаки первой группы (группа “а” – люди и их окружение), учитывая одновременно сведения и по второй. Именно это обстоятельство в ряде случаев позволяло проверять и корректировать сведения второй группы, чего раньше не делалось. Благодаря этому нам удавалось заново оценить интенсивность “индивидуально” в каждом случае. Как правило, обнаруживаемые расхождения составляли не более 0.5 балла, редко 1 балл, что лежит в пределах точности большинства макросейсмических оценок.

В настоящей работе реализован следующий способ выведения оценок интенсивности для каждого рассматриваемого пункта и по каждой из перечисленных групп данных. Сначала два исполнителя – автор и Е.В. Попова – отдельно и независимо оценивали интенсивность с точностью до 0.5 балла там, где это возможно; в затруднительных случаях давались два значения, одно из которых – менее вероятное – помещалось в скобки. Все выявленные таким путем расхождения затем обсуждались совместно с рассмотрением возможных вариантов, приоритетных признаков, соотношением полученных значений с указаниями шкалы *MSK-64*. Признаки третьей группы (природные изменения) не использовались ввиду их недостаточно определенного отражения в шкале и особенностей природных условий Крымского побережья. В результате, для каждого пункта принималось согласованное решение отдельно по каждой группе источников (архивные данные комиссий обследования, воспоминания очевидцев, фотодокументы, остальные сведения). В сомнительных случаях оставались два значения – более вероятное и менее вероятное, приводимое в скобках. Лишь после этого опять-таки для каждого пункта выводилось окончательное значение интенсивности, снова представляемое при наличии сомнений в двух вариантах – без скобок и в скобках. Везде, где это было возможно, оценки давались с точностью до 0.5 балла.

Особо следует остановиться на использовании большинством авторов кумулятивного эффекта при оценке интенсивности главных толчков. Для июньского толчка это не имеет практического значения, поскольку его афтершоки были немногочисленны и

значительно слабее главного события. Иная ситуация с главным толчком в ночь на 12 сентября. В статье [Кульчицкий, Пустовитенко, Скляр, 2002] на ряде примеров убедительно показано увеличение на 1–2 градации степени повреждения отдельных строений в Ялте при главном толчке 12 сентября за счет предшествующих повреждений, вызванных июньским толчком. Иными словами, возникший при главном толчке высокий эффект повреждений обусловлен не только силой самого толчка, но и дефектами зданий, связанными с июньским событием. Акты обследования, составленные после 11 сентября, как и выполненные в тот же период обычные наблюдения (кроме осуществленных непосредственно при толчке и сразу за ним) фактически отражают некий совокупный (кумулятивный) эффект ряда толчков – июньского, главного сентябрьского и нескольких его сильных афтершоков, произошедших в течение, по крайней мере, первых суток. Знание таких суммарных воздействий важно для решения инженерно-строительных задач, но для выяснения силы самого толчка, что и является нашей целью, эффекты форшока и афтершоков следует исключать. Сделать это корректно достаточно трудно, но эти эффекты оставлять без внимания не следует.

Наконец, нельзя пройти мимо неоднократных замечаний специалистов о чрезвычайно низкой устойчивости и “не соответствующей основным правилам строительного искусства конструкции сооружений” [Черноморские..., 1928]. К тому же есть свидетельства того, что ряд зданий, преимущественно возведенных на оползневых участках, был поврежден еще до июньского землетрясения<sup>1</sup>. Эти обстоятельства также заставляют говорить о завышенных значениях интенсивности толчков, принимавшихся нашими предшественниками.

В настоящей статье в виде приложений представлены сводные данные по каждому из двух основных толчков, использованные для построения соответствующих карт. В Приложении 1 (землетрясение 26 июня 1927 г.) в отдельных колонках приводятся значения интенсивности по [Скляр, Князева, Королев, 2000] (колонка 4), полученные нами оценки по опубликованным и/или архивным данным (колонка 5), по воспоминаниям современников (колонка 6) и итоговая оценка (колонка 7). Аналогичным образом составлена таблица для землетрясения 11 сентября 1927 г. (Приложение 2), которая дополнена оценками, сделанными автором по фотодокументам (колонка 7) и ранним публикациям (колонка 8); итоговая оценка интенсивности приведена в колонке 9. Там, где это было необходимо, значения интенсивности приводятся в двух вариантах – в скобках представлено менее надежное значение, которое на карты изосейст не выносилось, но принималось во внимание при их составлении.

Данные о числе пунктов, обеспеченных макросейсмическими сведениями, использованными при составлении карт изосейст Крымских землетрясений 1927 г. разными авторами, приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Число пунктов, обеспеченных макросейсмическими сведениями, использованными при составлении карт изосейст Крымских землетрясений 1927 г. разными авторами

Источник сведений	Количество пунктов	
	землетрясение 26 июня	землетрясение 11 сентября
<i>Медведев, Морозова</i> <sup>2</sup>	48	61
<i>Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989</i>	18	49
<i>Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000</i>	67	197 (фактически ≤172)
Настоящая работа	81	193

<sup>1</sup> *Ижевский М.М.* Разрушения в Крыму от землетрясения 1927 года и основные правила сейсмостойкого строительства. 1928. 9 с. Машинописная версия. Архив автора.

<sup>2</sup> *Медведев С.В., Морозова Р.Н.* Каталог сильных землетрясений Крыма. М.: ИФЗ АН СССР, 1962. 43 с. Машинописная версия. Архив автора.

Нам удалось дать оценки интенсивности в 81 пункте для июньского толчка и в 193 пунктах для толчка сентябрьского. Пункты, которыми было дополнено наше рассмотрение, относятся в основном к Восточному Крыму, где в 80-е годы XX века автором проводились специальные опросы местных жителей и собраны дополнительные сведения. Тогда же для восточной и северной частей Крымского полуострова были составлены карты изосейст, оставшиеся неопубликованными; теперь эти материалы включены в рассмотрение.

Оценки интенсивности, выполненные нашими предшественниками, во многих пунктах центральной части Крымского полуострова совпадают с нашими, но на Южном берегу Крыма и в равнинном Северном Крыму расходятся на 0.5 балла (реже на 1 балл), что можно видеть на приводимых ниже картах (рис. 2) и в Приложениях 1, 2. Более существенные различия отмечаются между макросейсмическими полями, построенными нами, и теми, что были получены ранее другими исследователями.

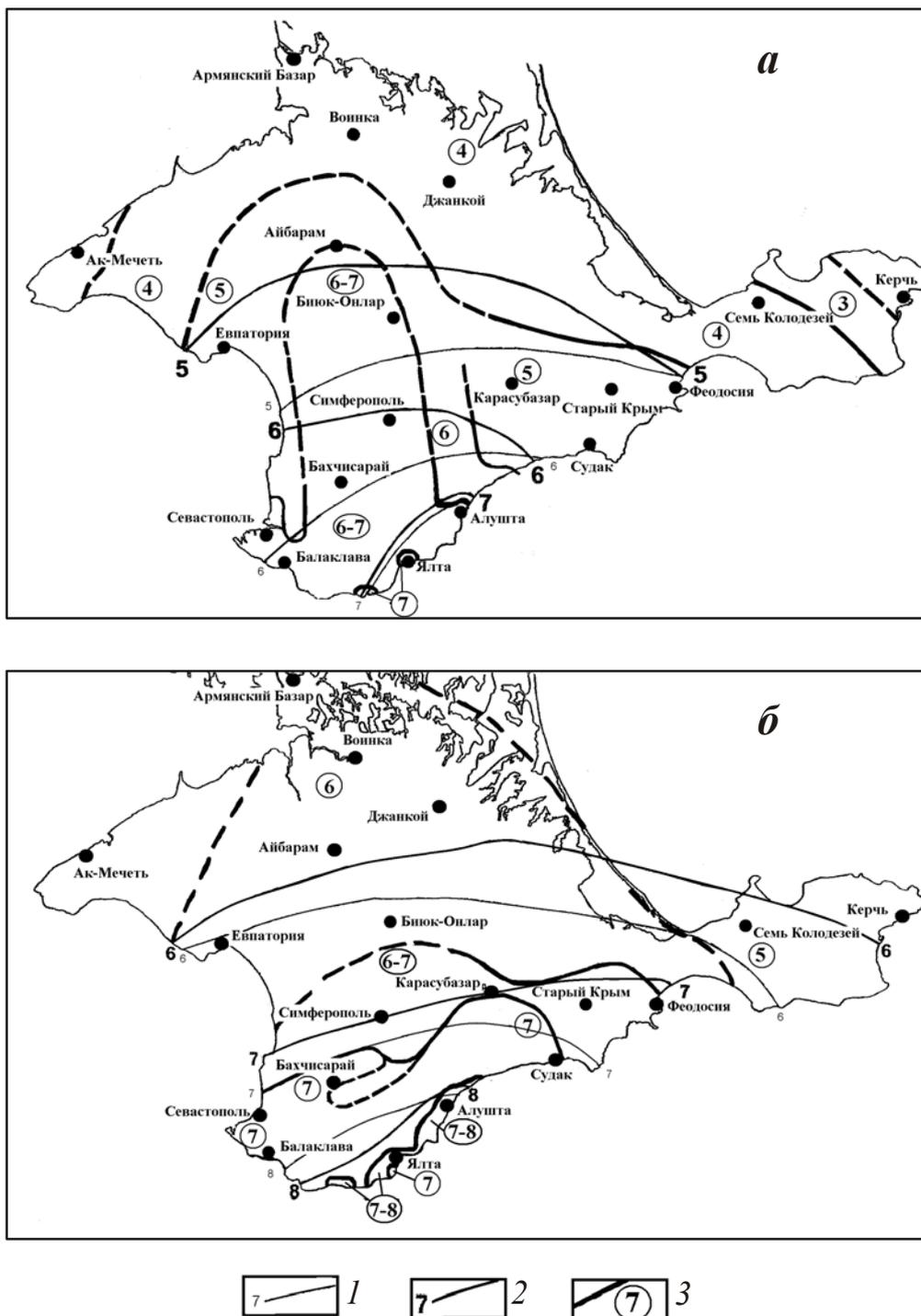
### Карты изосейст и исследования макросейсмического поля

Схемы изосейст А.В. Вознесенского [1927], С.В. Шимановского [1928], С.В. Медведева<sup>1</sup>, З.И. Ароновича и др. [1968] представляют ныне лишь исторический интерес. Обстоятельное комплексное исследование проведено группой авторов [*Пустовитенко и др.*, 1976]. Н.В. Шебалин опубликовал обобщенные проекции и разрезы очагов землетрясений 26 июня и 11 сентября 1927 г. на основе макросейсмических данных, которые, однако, остались за рамками публикации и ныне недоступны [*Шебалин*, 1974]. Оригинальные представления этого автора не были в дальнейшем подтверждены, несмотря на их значимость в научном отношении. Попытка усовершенствовать карты изосейст с привлечением части архивных данных [*Никонов, Сергеев*, 1996] была необходимой, но в то время не было возможности опубликовать исходные материалы, которые к тому же не отличались полнотой. Однако важно отметить, что уже тогда наметилась вытянутость изосейст первого толчка в субмеридиональном направлении.

*Макросейсмическое поле события 26 июня.* Первая, еще весьма несовершенная карта изосейст этого события была составлена В.Ф. Бончковским [1927]. Построенная нами карта для первого из Крымских землетрясений 1927 г. приведена на рис. 2, а. Единая семибалльная зона вдоль Южного берега Крыма от Алушки до Алушты не выделяется. Сотрясения силой 7 баллов установлены лишь в трех пунктах (Ялта, Ливадия, Симеиз), не образующих единой протяженной зоны. В остальном на Южном берегу, как и к северо-западу до Бахчисарая, сотрясения не превышали 6–7 баллов. Важно, что колебания такой же силы распространились и севернее Симферополя до поселков Биюк-Онлар и Айбарам в виде неширокой полосы север–северо-западного простирания, которую огибает зона 5 баллов. Следовательно, максимальные сотрясения на полуострове распространились субмеридионально, а не в северо-восточном направлении, и основное затухание шло от моря не в северных румбах, но к западу и востоку от названной полосы. Ввиду отличной от более ранних карт формы изосейст рассматриваемого толчка остановимся подробнее на характеристике построенной нами карты.

На Южном берегу Крыма наиболее пострадавшими собственно от сотрясений пунктами оказались мыс Сарыч, Форос, Лимены, Симеиз, Алушка, Ореанда, что позволяет выделять общую протяженную полосу, по краям которой (Форос и Алушка) сила сотрясений не превышала 6–7 баллов. В Форосе (и только в нем), где были проведены более подробные наблюдения, установлен факт сочетания сильных вертикальных и горизонтальных колебаний – “стоявшие попадали, спавшие подброшены”.

<sup>1</sup> Медведев С.В., Морозова Р. Н. Каталог сильных землетрясений Крыма. М.: ИФЗ АН СССР, 1962. 43 с. Машинописная версия. Архив автора.



**Рис. 2.** Карты изосейст Крымских землетрясений 1927 г. (а – толчок 26 июня, б – толчок 11 сентября), построенные для территории Крымского полуострова разными авторами: 1 – по [Медведев, Морозова, 1962], 2 – по [Скляр, Князева, Королев, 2000], 3 – по [Никонов, 2007]. Сплошные изосейсты – установленные надежно, штриховые – менее надежно. Цифры – интенсивность, баллы

Еще более примечательно распределение интенсивности толчка в направлении, перпендикулярном береговой линии. Выделяются две неравнозначные полосы более сильных воздействий. Меньшая из них – западная – идет от Балаклавы и Байдарских ворот (трещины в земле, падение дымовых труб, обвалы скальных масс) в север–северо-западном направлении к долине р. Черной (трещины в земле севернее дер. Кадыковки,

разрушение дымовых труб в Шули) и продолжается к северу от Севастопольской бухты. Далее она выходит на меридиональный отрезок побережья (значительные повреждения строений, вплоть до падения дымовых труб, свидетельствующие о сотрясениях 6–7 баллов) в поселки Учкеевка, Бартеневка, Бельбек. В Евпатории в пределах этой полосы дома дали трещины (около 6 баллов).

Вторая, гораздо более крупная полоса, имеющая также север–северо-западное простирание, проходит через Яйлу восточнее Ай-Петри, где обвалы перекрыли Айпетринскую дорогу и горные села, в том числе Керменчик и Лаки. Показательны сведения о появлении водных источников на юго-востоке у дер. Дереккой и на северо-западе в 20 км от Бахчисарая, что можно расценивать как признак произошедшего в полосе растяжения.

Специального объяснения требуют необычное простирание изосейсты 6–7 баллов, ее форма и размеры области 6–7 балльных сотрясений при июньском землетрясении. Что касается субмеридионального простирания этой области, то оно вполне объяснимо в рамках давно уже рассматриваемого в литературе представления о секущих Крымский полуостров субмеридиональных зонах глубинных разломов (обзор см. в [Горшков, 1984]), а также соответствующем членении земной коры региона по сейсмологическим данным [Пустовитенко, Кульчицкий, 1975]. Подобные сейсмогенные разломы выделяются в том же сейсмическом поясе и восточнее [Никонов, 1997]. Необычными, однако, представляются размеры области – 120×45 км. Ни сама зона 6–7-балльных сотрясений, ни ее размеры не могут быть без натяжки интерпретированы как прямое отражение очагового разрыва, поскольку эпицентр находится на расстоянии десятков километров от нее (см. ниже). Направление, размер и форму изосейсты скорее надо считать отражением глубинной зоны разломов, выступающей в роли своеобразного волновода в земной коре. Напомним, что глубина очага июньского землетрясения составляет  $25 \pm 5$  км [Новый..., 1977], что значительно больше, чем сентябрьского. Резкое и прямолинейное ограничение зоны 6–7-балльных сотрясений в таком случае может объясняться наличием двух субпараллельных зон глубинных разломов – Центральной на востоке и Севастопольской на западе [Горшков, 1984], – которые вполне могли экранировать распространение колебаний по широте. С этим согласуется и необычная узость – всего по 10–15 км – субпараллельных зон шести- и пятибалльной интенсивности по краям зоны 6–7-балльных сотрясений.

Заметим, что в свете новых решений можно по-новому рассматривать устные сведения, полученные автором от жительницы пос. Джанкой, расположенного на севере Крымского полуострова: летом 1932 г. там произошло значительное землетрясение, которое совпало со свадьбой, благодаря чему и сохранилось в памяти очевидцев до 90-х годов XX века. Это событие не значится в существующих каталогах и вполне могло быть афтершоком событий 1927 г.

Существование направленного к северу пальцеобразного выступа изосейст 6–7, 6 и 5 баллов позволяет предположить субмеридиональное простирание и более высокой 7-балльной изосейсты (уже на акватории). В связи с этим естественно принять, что очаг июньского толчка также имеет субмеридиональное простирание. Во всяком случае, имеющиеся сегодня макросейсмические данные не дают никаких оснований считать, что изосейсты, а, следовательно, и очаг этого землетрясения, вытянуты в субширотном направлении. Данными о выходе очага на сушу мы не располагаем.

*Макросейсмическое поле главного толчка землетрясения 11 сентября.* Зона 8-балльных сотрясений вдоль Южного берега Крыма не выделяется. 7–8-балльная зона, как можно видеть на рис. 3, б, тянется вдоль побережья в виде узкой полосы. Изосейста 7 баллов более извилиста и проходит южнее, чем на карте, построенной нашими предшественниками. 6–7-балльная зона узка, так что большая часть Крымского полуострова (кроме Тарханкутского полуострова на западе и Керченского полуострова на востоке) оказывается в зоне сотрясений силой 6 баллов; к этой же зоне относятся районы Перекопского перешейка и Сиваша.

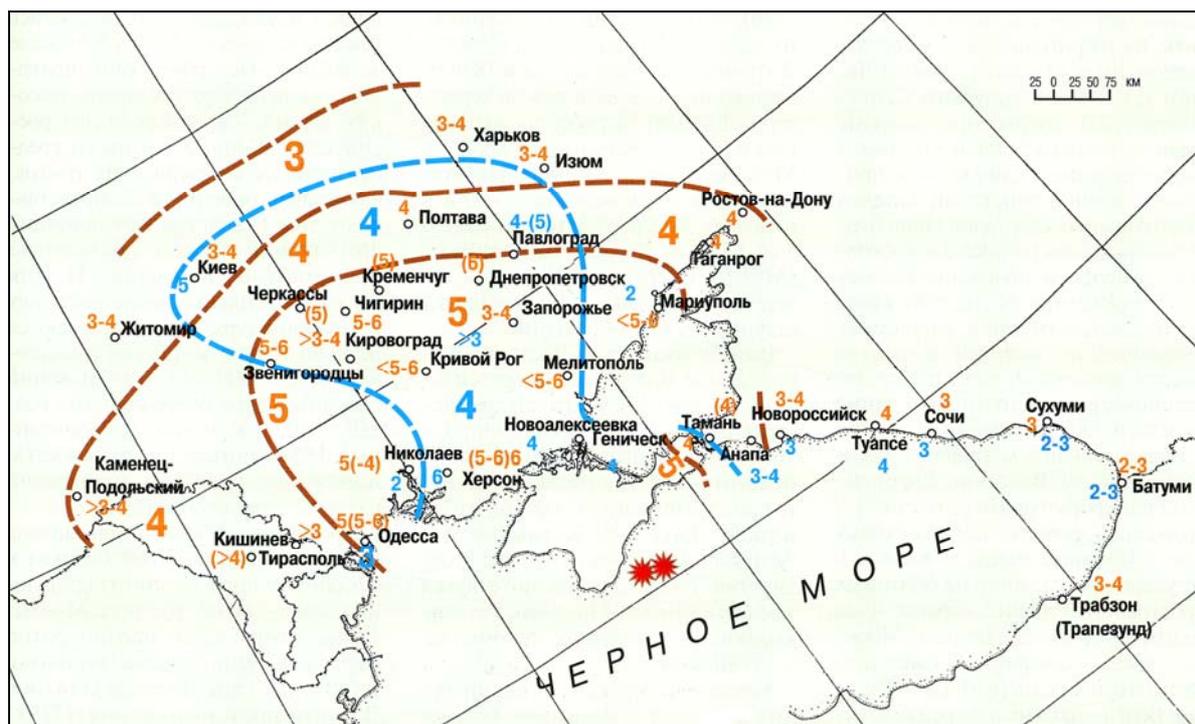
Макросейсмическое поле главного толчка сентябрьского землетрясения существенно отличается от поля июньского толчка. Изосейсты высоких баллов и зоны соответствующей балльности вытянуты в субширотном направлении, что в общих чертах согласуется с их изображением в более ранних работах. Конкретная ситуация на построенной нами карте уточнена в сторону уменьшения ширины зон интенсивности. Так, ширина зоны 7-балльных сотрясений вдоль Южного берега Крыма не превышает на суше 6–8 км. При этом полоса неровная; в целом она сдвинута примерно на 20–25 км к северо-востоку по отношению к участкам максимальных сотрясений при июньском толчке (по центру тяжести областей). Протяженность зоны 7–8-балльных сотрясений в северо-восточном направлении примерно на 70 км (на суше), скорее всего, отражает вытянутость недоступной наблюдениям эпицентральной зоны в акватории и, соответственно, очага. Середину полосы на меридиане между Ялтой и Алуштой можно принимать за поперечную геометрическую ось очага. В таком случае можно говорить о смещении эпицентра очага сентябрьского толчка относительно июньского на 30–40 км к востоку или северо-востоку. Ширина собственно 7-балльной зоны (не считая 7–8-балльной) составляет 20–40 км, 6–7-балльной – 8–35 км. При этом, насколько можно судить по ходу изосейст в пределах суши, распространение сотрясений одинаковой силы в продольном направлении (вдоль Южного берега Крыма) от геометрического центра, в том числе и зоны 7–8-балльных сотрясений, симметрично. Измеряемый восточный радиус 7-балльной изосейсты составляет 50 км, 6-балльной – 115–120 км, в чем проявляется явное отличие рассматриваемого макросейсмического поля от поля июньского толчка. Но 6-балльная изосейста резко выгибается в северных румбах, свидетельствуя о том, что затухание в поперечном направлении в ее пределах меньше, чем в продольном.

В свое время Г.П. Горшков [1984] ставил вопрос о возможности завышения оценок интенсивности колебаний в северных румбах по сравнению с расчетными. Ответ на этот вопрос был получен после появления более полных и надежных сведений, согласующихся для обоих толчков и на полуострове, и к северу от него на материке. Обнаружилось, что при июньском толчке небольшая асимметрия и азимутальная неравномерность затухания выражены в ближней–средней зонах, а при сентябрьском – только в средней. В таких условиях вычисление среднего коэффициента затухания представляется малоэффективным, тем более что не могут быть получены сведения по собственно эпицентральной зоне. Этим объясняются и затруднения в определении глубины очага по макросейсмическим данным.

Таким образом, нами установлена несколько меньшая сила сотрясений на Южном берегу Крыма и несколько большая в центральной и северной частях Крымского полуострова. Одновременно получены надежные данные о положении высших изосейст: подтверждена их вытянутость вдоль Южного берега (к северо-востоку) при сентябрьском толчке, установлена вытянутость в перпендикулярном (север–северо-западном) направлении при июньском.

В 1990-е годы для прилегающей к полуострову с севера территории и для соседних частей Скифской плиты и Восточно-Европейской платформы автором были составлены карты изосейст обоих Крымских землетрясений 1927 г. на базе заново собранных им из первоисточников сведений [Никонов, 2002б]. До этого для названных территорий имелись лишь схематичные карты А.В. Вознесенского [1927]. Хотя эти карты и составлялись по свежим следам событий, сведения, положенные в их основу, и перечень географических пунктов, обеспеченных ими, остаются неизвестными. В связи с этим карты А.В. Вознесенского не могут быть оценены в свете современных требований.

Использованные нами первичные сведения извлечены из газетных статей и редких книг, выпущенных вскоре после событий 1927 г. Эти публикации, как правило, прежде к рассмотрению не привлекались. Всего для северного сектора нам удалось собрать сведения и оценить интенсивность сотрясений по 16 пунктам для июньского толчка и по 31 пункту для сентябрьского (рис. 3).



**Рис. 3.** Карта сотрясений от двух Крымских землетрясений 1927 г. на территории, расположенной к северу от Крымского полуострова. Красные звездочки – эпицентры толчков; синие линии – изосейсты июньского толчка, коричневые – сентябрьского; цифры – интенсивность в баллах [Никонов, 2002б]

По макросейсмическим данным (сообщения с мест, в основном газетные), главный толчок, произошедший в ночь с 11 на 12 сентября, распространялся в северо-западном направлении через Одессу (4 балла), Балту до Могилева-Подольска, Жмеринки и в северном – до Белой Церкви, Киева, Черкасс, Днепропетровска. В северо-восточном направлении толчок слабо ощущался за Мелитополем и Таганрогом. В северной (Черниговская область) и северо-восточной (Харьковская область) частях Украины ощутимых колебаний, связанных с этим толчком, не было отмечено вообще. В Полтаве и Харькове толчки ощущались с силой не более трех баллов. Следовательно, сейсмические волны распространились от очага в основном к северо-западу и проявлялись ощутимо примерно до 750 км; к северо-востоку колебания распространялись на расстояние не более 500 км.

В связи с тем, что пункты наблюдений расположены на обширной территории относительно редко, изосейсты в пределах континента проведены лишь ориентировочно. Тем не менее, контуры 4-балльной зоны для июньского толчка и 5-, 6-балльных для сентябрьского значимо различаются, что не может считаться случайным. Обращает на себя внимание в первую очередь общая вытянутость 4-балльной изосейсты при июньском толчке в север–северо-западном направлении, между тем как 5- и 4-балльные изосейсты сентябрьского согласно вытянуты в близширотном. Стоит заметить, что карты, совместно представленные на рис. 3, построены независимо от публикаций [Никонов, Сергеев, 1996; Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000] и задолго до составления карт для территории Крыма в процессе выполнения данной работы (см. рис. 2). Поэтому согласованность вытянутости изосейст в север–северо-западном направлении на территории Крымского полуострова и на материке при июньском землетрясении (в отличие от субширотной вытянутости при сентябрьском) становится вполне значимой для правильной интерпретации. Вполне согласуется и общий ход изосейст для каждого из толчков на полуострове и материке. Это придает уверенность в правильности общей

картины макросейсмического поля для каждого из толчков, а, значит, открывает реальную возможность для количественных оценок и структурно-генетической интерпретации.

Для обоих событий – июньского и сентябрьского – нами были выполнены ориентировочные расчеты размеров областей с разной интенсивностью колебаний (табл. 3).

**Таблица 3.** Размеры областей (на суше), охваченных сотрясениями разной интенсивности при Крымских землетрясениях 1927 г.

Землетрясение 26 июня		Землетрясение 11 сентября	
Интенсивность сотрясений	Площадь, км <sup>2</sup>	Интенсивность сотрясений	Площадь, км <sup>2</sup>
7	60	7–8	510
6–7	5810	7	4030
5+6	7720	7+(7–8)	4540
4	172480	6–7	4080
		6	15300
		5	178752
		4	150528 (184528 – с Молдовой)

### О положении эпицентров

Сейсмологический опыт учит, что положение эпицентров целесообразно определять отдельно по инструментальным, если они имеются, и макросейсмическим данным. При отсутствии близко расположенных сейсмических станций эпицентры главных толчков и афтершоков Крымских землетрясений 1927 г. определялись сейсмологами по записям удаленных станций. При этом у разных авторов получались настолько разные координаты, что основные события менялись местами по долготе (подробнее см. [Левицкая, 1948]). В последних сводках [Новый..., 1977; Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989] расхождения составляют всего 0.1°, правда, при допущении существенных погрешностей (табл. 4).

**Таблица 4.** Наиболее вероятные координаты эпицентров двух главных толчков Крымских землетрясений 1927 г. по разным определениям

№	Координаты, ф° с.ш./ λ° в.д.		Источник, способ получения определений
	Толчок 26 июня	Толчок 11 сентября	
1	44.17/34.25	44.52/34.50	[Вознесенский, 1927], по инструментальным данным
2	44.5/34.0	44.5/34.5	Х. Турнер*, по данным мировой сети станций
3	44.4/34.4	44.4/34.5	[Аронович и др., 1968], по инструментальным данным
4	44.4/34.4		[Шебалин, 1974], по инструментальным данным
5	44.4/34.4 ±0.2	44.3/34.3 ±0.5	[Новый..., 1977], по инструментальным данным
6	44.4/34.4 ±0.2	44.3/34.3 ±0.5	[Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989], по инструментальным данным
7	44.10/34.10 ±0.2		Настоящая работа, по макросейсмическим данным, методом засечек
8	44.25/33.90 ±0.2	/34.36 ±0.2	Настоящая работа, по распределению интенсивности на суше
9	44.15/34.0 ±0.1	/34.36 ±0.2	Настоящая работа, по макросейсмическим данным (значение, окончательно принятое автором)

\* приводится по [Левицкая, 1948], где десятые доли указаны в минутах, но, несомненно, в действительности это доли градусов.

Другой подход, применявшийся в первые годы и десятилетия после событий, состоял в локализации афтершоков по записям местной сейсмической сети, начавшей функционировать в 1927 г. после сентябрьского толчка. Определив пространство облака афтершоков за 1928–1929 гг. и затем до 1934 г., авторы этого подхода [Райко, 1930; Левицкая, 1948] принимали геометрический центр облака в качестве эпицентра (эпицентральной зоны). Между тем, нельзя исключить, скорее, надо допустить миграцию облака афтершоков вдоль геологических структур в северо-восточном направлении, которая происходила в течение нескольких лет после главного толчка [Пустовитенко и др., 1976].

И история вопроса, и приводимые ныне величины возможных погрешностей (см. табл. 4) свидетельствуют, что желаемая точность определения положения эпицентров остается недостигнутой. Между тем, от точности локализации эпицентров зависят и понимание процессов в очаге, и надежность параметров макросейсмического поля, и многое другое.

Автор попытался уточнить положение эпицентров, используя три независимых подхода. Первый из них – это пространственное распределение эпицентров по долготе, устанавливаемое на основе эпицентральных расстояний, приводимых в бюллетенях отдельных удаленных станций, расположенных к востоку и западу от места события. Были сопоставлены эпицентральные расстояния по данным станций Баку и Ташкент на востоке (станция Пятигорск не работала, а станция Тифлис не давала эпицентральных расстояний) и Львов и Толедо (ранее не использованных в расчетах) на западе (табл. 5).

**Таблица 5.** Эпицентральные расстояния ( $\Delta$ , км) Крымских землетрясений 1927 г., определенные по данным удаленных сейсмических станций

Сейсмостанции	Землетрясение 26 июня	Землетрясение 11 сентября
	$\Delta$ , км	$\Delta$ , км
Толедо	3030	3230
Львов	900	<1000
Баку	1470	1400
Ташкент	2910	2800

Разумеется, не следует считать приведенные в табл. 5 эпицентральные расстояния точными. Вместе с тем, нельзя не заметить, что две западные станции одинаково дают меньшие расстояния до эпицентра июньского толчка, чем до эпицентра сентябрьского, тогда как восточные станции также одинаково показывают большие расстояния до первого, чем до второго. Иными словами, обнаруживается ранее не отмечавшийся серьезный аргумент в пользу того, что эпицентр июньского толчка расположен существенно западнее, чем эпицентр сентябрьского.

Второй подход основан на сообщениях о направлении прихода (прохода) гула и сейсмических колебаний при первом и втором событиях в отдельных пунктах. Эти данные собраны из различных, в том числе не использовавшихся ранее, первоисточников. Как известно, нередко очевидцы указывают разные направления, что связано и с субъективными, и с объективными причинами. Но обычно в каждом пункте все же удается выделить преобладающее (наиболее вероятное) направление. Пренебречь этими данными было бы упущением. Ограничившись близэпицентральной зоной в юго-западной части Крыма и рассматривая большее число пунктов (15), мы использовали способ обратных засечек для июньского толчка. По семи лучам получено кучное облако засечек с геометрическим центром в пункте, имеющем координаты  $44.10^\circ$  с.ш. и  $34.10^\circ$  в.д. при погрешности определений  $\pm 0.2^\circ$ . Облако попадает как раз на участок крутого перегиба материкового склона в плане от северо-восточного в секторе, приле-

гающем к Ялте, к широтному в секторе, расположенном западнее. Обращает на себя внимание также тот факт, что от этого широтного сектора (Мухолатка – Балаклава) гул и колебания распространялись к северу (5 лучей). Приведенные данные позволяют заключить, что источник колебаний находился на участке со средними координатами  $44.10^\circ$  с.ш. и  $34.10^\circ$  в.д., а дополнительное излучение могло идти к северу из широтной полосы со средними координатами  $44.10^\circ$  с.ш. и  $33.70^\circ$  в.д.

Третий подход – традиционное определение эпицентра (эпицентральной области) по распределению силы сотрясений (по макросейсмическому эффекту). Ввиду расположения эпицентра в море и возможности получения макросейсмических сведений только в северной полусфере надежное определение положения эпицентров в данном случае затруднено. Для июньского толчка благодаря привлечению нами большего числа пунктов и большей надежности сведений очевидцев для ряда пунктов получена определенная и непротиворечивая картина распределения силы колебаний на суше. Наиболее четко определены две основные позиции. Первая из них – это захват на Южном берегу Крыма 7-балльными сотрясениями только полосы шириной 20 км от Фороса до Алупки и 6–7-балльными – полосы шириной 60 км от мыса Сарыч до Биюк-Ламбата. Вторая позиция – четкое ограничение и вытянутость полосы 6–7-балльных сотрясений от побережья к север–северо-западу вглубь суши, по крайней мере, на 40 км. В такой ситуации резонно считать, что на сушу вышла только самая крайняя, северная часть зоны 7-балльных сотрясений, и полагать, что ее радиус в этом направлении составляет около 20–25 км. В соответствии с вышеизложенным положение эпицентра определяется координатами  $44.25^\circ$  с.ш. и  $33.90^\circ$  в.д. при погрешности определений  $\pm 0.2^\circ$ . Наиболее вероятное значение интенсивности при этом  $I_0=7.5$ . В северном полупространстве изосейсты 6–7 и 7 баллов вытянуты в север–северо-западном направлении; это позволяет считать, что очаг в пределах акватории вытянут в том же направлении.

Обобщая изложенное, можно сказать, что используя все три подхода, мы определяем положение очага июньского землетрясения на 40–50 км западнее, чем сентябрьского. Сравнение координат эпицентра июньского толчка, полученных при двух последних подходах, представлено в табл. 4, где приведены и их средние (наиболее вероятные) значения. При рассмотрении приведенных значений выявляется, что позиция эпицентра июньского толчка, определенная на основе уточненных макросейсмических данных, по широте практически совпадает с определениями А.В. Вознесенского [1928], осуществленными на основе записей действовавших в то время в СССР сейсмических станций. По долготе наши макросейсмические определения совпадают с определениями Х. Турнера (см. [Левицкая, 1948]), основанными на данных мировой сети сейсмических станций. Все упомянутые определения помещают эпицентр западнее и южнее, чем это было принято в СССР и сохраняется до сих пор в официальных каталогах.

Установить сколько-нибудь определенно широту эпицентра основного толчка сентябрьского землетрясения по макросейсмическим данным не удастся. Его долгота может быть намечена по геометрическому центру протяженной области 7–8-балльных сотрясений на берегу. Как следует из приведенных в табл. 4 значений, полученные нами координаты эпицентра сентябрьского толчка неплохо согласуются с определениями, принятыми в поздних источниках.

### О механизме очагов

Трудно предположить, что выявленные различия в геометрии макросейсмических полей не отражают различий в механизмах очагов каждого из толчков, на что уже указывалось ранее [Шебалин, 1974; Пустовитенко и др., 1976]. Используя макросейсмические данные, мы можем судить о простирации очага июньского землетрясения только

по таким косвенным фактам, как выход на сушу северного края 7-балльной изосейсты вблизи Симеиза и субмеридиональной, аномальной по длине вытянутости изосейсты 6–7 баллов. Другая особенность макросейсмического поля июньского толчка состоит в явной асимметрии поля относительно субмеридиональной оси, вдоль которой вытянута область максимальных сотрясений (на суше). На широте Южного берега Крыма границы зон удалены от осей 5- и 4-балльных изосейст ориентировочно на 70–100 км к западу и в два раза больше – к востоку. На южных концах намеченных субмеридиональных полос сотрясения были более продолжительными по сравнению с Южным берегом Крыма в целом. В большинстве пунктов побережья продолжительность колебаний оценена в 5–10 с, а в узлах пересечения полос с берегом – от 15–20 с в районе Балаклавы и Севастополя до 40 с вблизи Байдар и Алупки.

Все это наводит на мысль о том, что очаг землетрясения проявился оживлением зоны (или двух зон) север–северо-западного простирания. Если это так, то смещения по разрывам в очаге должны характеризоваться сдвиговой кинематикой, которая и привела к (локальному) растяжению, трещинообразованию и возникновению новых водных источников именно в пределах этих зон. Кстати, отметим, что при таком решении становится понятной и большая вытянутость изосейст к север–северо-западу, что вполне обычно при сдвигах.

Для суждения о механизме очага июньского землетрясения 1927 г. важны уникальные наблюдения группы геофизиков, оказавшихся в момент толчка в разных пунктах Айпетринской Яйлы [Бончковский, 1927]. Интенсивность колебаний в этой части Яйлы определена в 6 баллов по шкале MSK-64. Распространяющийся со стороны моря гул был слышен только в зоне, прилегающей к восточному обрыву плато Ай-Петри. Скалы Тарахташ, расположенные в 7 км к западу от Ялты, на глазах очевидцев раскачивались из стороны в сторону; следовательно, интенсивность колебаний на этом участке была не менее 7 баллов. Имеющиеся сведения о меридиональном направлении колебаний на юго-западе полуострова западнее Ялты [Шимановский, 1927] позволяют считать, что скалы раскачивались в том же направлении. Большинство наблюдателей на Яйле ощущали только горизонтальные колебания (в течение 10 с), преимущественно распространявшихся со стороны моря и обратно.

Все это может служить основанием для заключения о (суб)горизонтальном импульсе (импульсах?), направленном со стороны моря и обратно. О том же свидетельствуют упоминания о гуле, который расценивался свидетелями как явно подземный, распространяющийся в узкой полосе также со стороны моря. Перечисленные признаки позволяют судить о том, что эпицентр толчка находился в море, а также о вероятности сдвиговой подвижки, возможно, в узкой полосе, т.е. по разлому. На особую (горизонтальную) подвижность полосы между меридианами Симеиза и Гурзуфа указывают сведения об обвалах в горах, произошедших в ряде пунктов. Точные указания на первоначальное отступление моря в Ялте и Гурзуфе можно истолковать как признак левостороннего смещения по меридиональному разлому к западу от этих пунктов.

Что касается главного толчка сентябрьского землетрясения, то по всем данным, включая и уточненные макросейсмические, его очаг был вытянут вдоль Южного берега Крыма. Слабое затухание интенсивности к востоку может быть связано с особенностями геологического строения подводного склона, а именно с продолжением у его подножья зоны глубинного разлома, называемого по Г.П. Горшкову [1984] Южнобережным. Не исключено также, что эта зона уже в июне находилась в состоянии повышенного напряжения, разрядившегося при сентябрьском событии.

Итак, очаг июньского толчка был ориентирован поперечно по отношению к основным геологическим структурам Крыма и в соответствии с одной из секущих их разломных зон, тогда как очаг сентябрьского землетрясения имел то же простирание, что и

основные структуры крымского региона. Б.Г. Пустовитенко с соавторами [1976] принимала азимут простирания плоскости разрыва при первом толчке  $120\text{--}130^\circ(\pm 10)$ ; по нашим данным –  $170^\circ(\pm 10)$ ; заложение разрыва вертикальное, подвижка, наиболее вероятно, сдвиговая. При втором толчке у названных авторов азимут простирания очага  $40\text{--}48^\circ(\pm 10)$ , у нас –  $40^\circ(\pm 5)$ . Согласно более поздней работе [Пустовитенко, Кульчицкий, Горячун, 1989], простирание разрыва в очаге сентябрьского землетрясения определено как  $40^\circ(\pm 10)$  при вертикальном падении. Уточнение характера макросейсмического поля позволяет согласиться с указанным азимутом простирания очага сентябрьского землетрясения, но не дает оснований для признания разрыва при этом толчке вертикальным, а подвижки сбросо-сдвиговой. Механизм очага при июньском толчке по макросейсмическим данным можно полагать сдвиговым вдоль разрыва север–северо-западного простирания, возможно, взбросо-сдвиговым с поднятием восточного крыла, а при сентябрьском толчке – взбросовым (поддвиговым) с падением плоскости к северо-западу, возможно, со сдвиговой компонентой. Такое решение уже предлагалось в одной из ранних работ [Горшков, Левицкая, 1947].

Главное же, что отличает наши решения, – это признание того, что эпицентр и, соответственно, очаг первого толчка расположены на 30–40 км западнее второго, и что существует его связь с самостоятельной зоной поперечного разлома, которая ранее не выделялась, но существование которой признавалось рядом авторов [Шебалин, 1974; Пустовитенко, Кульчицкий, 1975; Пустовитенко и др., 1976]. В названных публикациях эпицентр июньского толчка помещался на линии северо-западного простирания, подходящей к берегу между Ялтой и Алуштой, т.е. практически на той же долготе, к которой отнесен и эпицентр сентябрьского толчка.

Итак, мы приходим к определенному заключению о существовании в рассматриваемой части Крымской сейсмической области двух взаимноперпендикулярных – продольной и поперечной – сейсмогенерирующих зон с высоким потенциалом (особенно в продольной зоне). Это заключение находится в согласии с ситуацией в более восточных частях Крымско-Кавказского сейсмического пояса [Никонов, 1997].

Говоря о Ялтинской очаговой области как потенциально опасной в долгосрочном аспекте, нельзя не напомнить о произошедшем в ней сильном землетрясении XV века. Реконструкция параметров этого землетрясения, основанная на исторических сведениях, текстах трех разных легенд и археологических признаках, привела автора к выводам – землетрясение возникло в 1427 г. ( $1450\pm 50$ ), расположение его эпицентральной области близко к положению эпицентральных областей Крымских землетрясений 1927 г. По современным оценкам [Никонов, 1983, 2000], землетрясение XV века имело следующие характеристики: интенсивность  $I_0=(9)\pm 0.5$ , магнитуда  $M=(7.5)\pm 0.5$ , глубина очага  $h=25$  км. Сказанное означает, что Ялтинская очаговая область способна порождать и более сильные, чем в 1927 г., землетрясения при частоте повторяемости один раз в 250–500 лет [Никонов, 2000].

### Заключение

Макросейсмические материалы по двум основным толчкам Крымских землетрясений 1927 г., собранные автором из первоисточников разного рода, существенно обширнее и значимее тех, что были доступны сейсмологам до сих пор. Поэтому и составленные карты макросейсмического поля могут рассматриваться как более обоснованные и достоверные. С их помощью уточняются оценки интенсивности сотрясений на суше, ориентировка и размеры зон разной балльности. Максимальная сила сотрясений на Южном берегу Крыма при главном толчке 26 июня достигала 7 баллов, при толчке 11 сентября – 7–8, локально 8 баллов.

Крымские землетрясения 1927 г. на нынешнем уровне изученности в ряде отношений могут рассматриваться как модельные для региона, во всяком случае, для Ялтинской очаговой зоны. Ясно, что в последней могут возникать очаги сильных (до 9 баллов в эпицентре) землетрясений как продольного, так и поперечного по отношению к основным структурным элементам Крыма простирания. Помимо поперечной Алуштинской зоны разломов появляются основания признать в качестве сейсмогенерирующей и более западную зону у меридиана  $34^\circ$  в.д. вблизи Симеиза.

Эти обстоятельства неизбежно приведут к значительному уточнению областей распространения максимально возможных воздействий, а, следовательно, и сейсмического риска на территории Крыма. Что касается возможных максимальных воздействий на Южном берегу, то они оцениваются на уровне  $8 \pm 0.5$  баллов. Если принять во внимание ориентировочные сведения о силе землетрясения XV века (1427 г.?), связанного с той же очаговой зоной, то в течение тысячелетий следует допускать возможность возникновения на побережье сотрясений и в 8–9 баллов. В свете таких оценок особо стоит вопрос о возможных последствиях явлений, сопровождающих подобные сейсмические события, таких как оползни и обвалы на Южном берегу, цунами и иные возмущения моря в прибрежной полосе.

Исследования Крымских землетрясений должны быть продолжены с использованием современных возможностей, прежде всего, в направлении уточнения пространственно-временного развития сейсмического процесса в период активизации 1927–1931 гг., более полного познания природных последствий землетрясений и изучения глубинной структуры и геодинамики в пределах очаговой и приочаговой областей. Не в меньшей степени сказанное относится к Севастопольской, Феодосийской и Керченской очаговым областям, где интервалы повторения высокомагнитудных разрушительных землетрясений оцениваются в 250–400 лет; последние такие события имели место в 1650 г. (Севастопольская область) и в 1751 г. (Керченская область).

### Благодарности

Автор признателен рецензенту Р.Э. Татевосяну, чьи замечания частично способствовали улучшению окончательного варианта статьи, и выражает благодарность своим коллегам Е.В. Поповой, выполнившей большую работу по оценке и сопоставлению разных исходных данных, Л.Д. Флейфель и Л.Е. Борисовой за техническую помощь.

### Литература

- Аронович З.И., Горшков Г.П., Медведев С.В., Молодых И.И., Попов И.И. Крым // Сейсмическое районирование СССР / Ред. С.В. Медведев. М.: Наука, 1968. С.196–213.
- Бончковский В.Ф. К землетрясению в Крыму 26-го июня 1927 г. // Декадный бюл. Гимецентра Черноозморей. 1927. № 19. Приложение. С.11.
- Брусиловский Л.Я., Бруханский Н.П., Сегалов Т.Е. Землетрясение в Крыму и нервно-психический травматизм. Л., 1928. 106 с.
- Вознесенский А.В. Землетрясения 1927 г. в Крыму // Природа. 1927. № 12. С.357–374.
- Горшков Г.П. Региональная сеймотектоника территории юга СССР. Альпийский пояс. М.: Наука, 1984. 272 с.
- Горшков Г.П., Левецкая А.Я. Некоторые данные по сеймотектонике Крыма // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1947. Т. 22, вып. 3. С.31–40.
- Двойченко П.А. Землетрясения 1927 г. в Крыму. Симферополь: Крымгосиздат, 1928а. 72 с.
- Двойченко П.А. Черноморские землетрясения 1927 г. в Крыму // Природа. 1928б. № 6. С.523–542.

- Князева В.С. Архивные материалы по макросейсмическому обследованию Крымского землетрясения 11 сентября 1927 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 1997 г. Симферополь, 1999. С.88–100.
- Кульчицкий В.Е., Пустовитенко Б.Г., Скляр А.М. Разрушительные Крымские землетрясения 1927 г.: уроки и некоторые следствия // Геофизический журнал. 2002. Т. 24, № 6. С.49–74.
- Левицкая А.Я. О Крымских землетрясениях по данным сейсмических станций Крыма // Труды Сейсмол. ин-та. Т. 127. М.; Л., 1948. С.80–99.
- Никонов А.А. Землетрясения в легендах и сказаниях // Природа. 1983. № 11. С.66–75.
- Никонов А.А. Биопредвестники Крымского землетрясения 1927 г. // Докл. РАН. 1994. Т. 334, № 2. С.215–217.
- Никонов А.А. Поперечные глубинные зоны разломов Северо-Западного Кавказа (по макросейсмическим данным) // Проблемы региональной тектоники Северного Кавказа и прилегающих территорий: Тезисы докл. Междунар. конф. Геленджик – Краснодар, 1997. С.31–32.
- Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: сопоставление региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. 2000. № 7. С.53–62.
- Никонов А.А. Крымское землетрясение 1927 г.: неизвестные явления на море // Природа. 2002а. № 9. С.13–20.
- Никонов А.А. Европейская Россия: сейсмическая опасность с юга // Наука в России. 2002б. № 2. С.73–78.
- Никонов А.А. Раненый Крым. По следам разрушений крупнейшего на полуострове в XX веке природного бедствия // Крымский альбом. 2002. Феодосия; Москва: Изд. дом “Коктебель”, 2003. С.72–111.
- Никонов А.А. Крымские землетрясения 1927 г. – уточненные решения макросейсмического поля и механизма очагов // Сборник материалов Междунар. научн. конференции “Уроки и следствия сильных землетрясений”, Ялта, 25–28 сент. 2007 г. Симферополь, 2007. С. 13–15.
- Никонов А.А., Сергеев А.П. Сейсмогравитационные нарушения в Крыму при землетрясениях 1927 г. // Геоэкология. 1996. № 3. С.124–133.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года / Ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. М.: Наука, 1977. 536 с.
- Полумб А. Очерк Крымских землетрясений. Симферополь: Крымгосиздат, 1933. С.3–70.
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Особенности проявления сейсмических процессов в Крыму // Геофизический сборник. 1975. Вып. 67. С.55–61.
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. Киев: Наук. думка, 1989. 192 с.
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Аверьянова В.Н., Шебалин Н.В. Об особенностях очаговых зон сильных Крымских землетрясений 26 июня и 11 сентября 1927 года // Инженерно-сейсмические проблемы. 1976. С. 103–115. (Вопросы инженерной сейсмологии; Вып. 18).
- Райко Н.В. Эпицентральная зона Крымских землетрясений // Труды Сейсмологического ин-та. № 3. Л., 1930. 13 с.
- Скляр А.М., Князева В.С., Королев В.А. Макросейсмический эффект землетрясений 26 июня и 11 сентября 1927 г. в Крыму // Сейсмологический бюллетень Украины за 1998 г. Симферополь, 2000. С.90–119.
- Федин К.А. Свидетельства очевидца // Природа. 2007. № 11. С.93–95.
- Черноморские землетрясения 1927 г. и судьбы Крыма. Симферополь: Крымгосиздат, 1928. 112 с.
- Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 51 с.
- Шимановский С.В. Крымское землетрясение 26 июня 1927 г. // Декадный бюл. Гимецентра Черноазморея. 1927. № 19. Приложение. С.5–10.
- Шимановский С.В. Сообщение о Крымском землетрясении 12 сентября 1927 года // Черноморские землетрясения и судьбы Крыма. Симферополь: Крымгосиздат, 1928. С.43–50.
- Шокальский Ю.М. Землетрясение 12 сентября 1927 г. Судак. Публикация, вступление, комментарий А.А. Никонова // Природа. 2006. № 9. С. 67–70.
- Esposito M., Mastrolorenzo G., Nikonov A.A., Porfido S., Serva L. Brief Review and Preliminary Proposal for the Use of Ground Effects in the Macro seismic Intensity Assessment // Proceed. 30th Int. Geol. Congr. 1997. V. 5. P.233–243.

Nikonov A.A., Sergeev A.P. Ground Effects vs Shaking Intensity: A Case Study of the 1927  $M=6.0$  and  $M=6.8$  Crimea Earthquakes // Eighth Intern. Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 20–24 July 1997. Abstracts. Istanbul, Turkey, 1997.

Сведения об авторе

**НИКОНОВ Андрей Алексеевич** – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123995, ГСП-5, Москва, Д-242, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: 8(499) 254-90-35. E-mail: nikonov@ifz.ru

## IMPROVED SOLUTIONS OF MACROSEISMIC FIELD AND FOCAL MECHANISM OF THE KRIMEAN EARTHQUAKES, 1927

A.A. Nikonov

*Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**Abstract.** Two destructive Crimean earthquakes, 26.VI ( $M=6.0$ ) and 11.IX.1927 ( $M=6.8$ ), are considered thoroughly basing on extensive set of macroseismic data (81 and 193 sites for the first and the second events correspondingly). Newly compiled versions of macroseismic field maps are presented. Specific features of macroseismic fields, location of epicenters, source parameters are inferred and discussed. Corrected parameters of the events together with historical retrospective are used to estimate long-time seismic potential of the Yalta source area within the Crimea region.

**Keywords:** Crimean earthquakes, map of isoseismals, macroseismic research, macroseismic field, focal mechanism, long-term seismic danger.

*Приложение 1*

Интенсивность Крымского землетрясения 26.06.1927 г.

№ п/п в этой работе	[Князева, 1999]	Название населенного пункта	Интенсивность по разным источникам, баллы MSK-64			
			[Князева, 1999; Скляр, Князева, Королев, 2000]	Никонов, По- пова согласно [Скляр, Князе- ва, Королев, 2000]	По воспо- минаниям	Итого- вая
1	2	3	4	5	6	7
1		п. Форос		7 (7–8)	7(7–8)	7 (7–8)
2	1	г. Ялта	7	7	7	7
3	2	п. Ливадия	7	7		7
4	7	п. Симеиз	7	7		7
5	34	д. Шули (Терновка)	6	7 (6–7)		7 (6–7)
6	22	г. Бахчисарай	6–7	7 (6–7)	6–7	6–7 (7)
7	11	г. Гурзуф	6–7	6–7	7 (6–7)	6–7 (7)
8	5	турбаза “Кичкине”	7	6–7 (7)		6–7 (7)
9	33	д. Бельбек (Фруктовое)	6	6–7 (7)		6–7 (7)
10	3	п. Ореанда	7	6–7		6–7
11	6	г. Алупка	7	6–7		6–7
12	8	п. Биюк-Онлар (Октябрьское)	7	6–7		6–7
13	9	г. Алушта	6–7	6–7		6–7
14	10	д. Биюк-Ламбат (Малый Маяк)	6–7	6–7		6–7
15	12	д. Аутка (Чехово, в черте Ялты)	6–7	6–7		6–7
16	14	п. Гаспра	6–7	6–7(6)		6–7(6)

## Приложение 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
17	15	д. Лимены (Голубой залив)	6–7	6–7		6–7
18	16	д. Кацивели	6–7	6–7		6–7
19	17	п. Батилиман	6–7	6–7		6–7
20	19	Георгиевский монастырь	6–7	6–7		6–7
21	21	п. Учкучевка	6–7	6–7		6–7
22	23	д. Нижн. Керменчик (Высокое)	6–7	6–7		6–7
23	23а	д. Керменчик-Татарский	6–7	6–7		6–7
24	23б	Лаки-Греческая	6–7	6–7		6–7
25	84	п. Баргеньевка (Северная сторона, г. Севастополь)	6–7	6–7		6–7
26	123	п. Омега	6–7	6–7		6–7
27	35	д. Мангуш (Прохладное)	6	6–7		6–7
28	39	д. Саблы (Партизанское)	6	6–7		6–7
29	30	д. Байдары (Орлиное)	6	6–7		6–7
30	13	п. Мисхор	6–7	(6–7)		(6–7)
31	18	г. Балаклава	6–7	(6–7)		(6–7)
32	37	д. Верхн. Керменчик (Высокое)	6	(6–7)		(6–7)
33	41	д. Вейрат	6	(6–7)		(6–7)
34	20	г. Севастополь	6–7	(6–7)		(6–7)
35	54	д. Айбарам (Войково)	4–5	(6–7)		(6–7)
36		гора Ай-Петри			6 (6–7)	6 (6–7)
37	40	г. Симферополь	6	6 (6–7)		6 (6–7)
38	36	д. Лаки	6	6 (6–7)		6 (6–7)
39	4	сан. Ай-Тодор	7	6		6
40	25	д. Демерджи (Лучистое)	6	6		6
41	38	д. Базарчик (Почтовое)	6	6		6
42	26	д. Корбек (Изобильное)	6	6		6
43	24	д. Туак (Рыбачье)	6	(6)		(6)
44	27	д. Кучук-Ламбат (Кипарисное)	6	(6)		(6)
45	28	п. Кореиз	6	(6)		(6)
46	32	ст. Маккензиевы горы	6	(6)		(6)
47	29	д. Кикенеиз (Оползневое)	6	5–6 (6)		5–6(6)
48	31	г. Инкерман	6	5–6 (6)		5–6(6)
49	46	г. Феодосия	5	(5)	5–6	5–6
50	48	г. Евпатория	5	5–6		5–6
51		г. Карасубазар (Белогорск)			5	5
52	42	д. Улу-Узень (Генеральское)	5	5		5
53	45	г. Судак	5	5		5
54	43	д. Шумы (Верхняя Кутузовка)	5	5		5
55	47	г. Старый Крым	5	4–5 (5)		4–5(5)
56	44	д. Биюк-Узенбаш (Счастлиное)	5	4–5		4–5
57	55	д. Калеи-Колай?	4–5	4–5	5	4–5
58	56	д. Дюрмень (Придорожное)	4–5	4–5		4–5
59	59	п. Карадаг	4–5	4–5	(5)	4–5
60	60	п. Владиславовка	4–5	4–5		4–5
61	63	д. Сиваш	4–5	4–5		4–5
62	57	ст. Тагонаш (Соленое озеро)	4–5	4–5		4–5
63	66	г. Джанкой	4	4–5		4–5
64	49	д. Карасан (Маленькое)	4–5	(4–5)		(4–5)
65	58	д. Воинка	4–5	4		4
66	61	п. Грамматиково	4–5	4		4
67	64	г. Армянский Базар (Армянск)	4	4		4
68	65	г. Перекоп	4	4		4
69		п. Красноперекопск			4	4
70		п. Ново-Алексеевка			4	4
71		д. Марфовка			4	4

## Приложение 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
72		д. Хорлы			4	4
73	52	п. Сейтлер (Нижегорский)	4–5	4 (3–4)		4(3–4)
74	53	д. Ново-Царицыно (Садовое)	4–5	4 (3–4)		4(3–4)
75	50	п. Ак-Мечеть (Черноморское)	4–5	3–4		3–4
76	51	д. Акимовка	4–5	3–4	3–4	3–4
77		д. Мысовка (Мысовое)			3–4	3–4
78		д. Чигирчи			3–4	3–4
79	62	п. Семь Колодезей (Ленино)	4–5	3		3
80		д. Семеновка			3	3
81	67	г. Керчь	3	2–3		2–3

## Приложение 2

## Интенсивность Крымского землетрясения 11.09.1927 г.

№ п.п	№ в настоящей работе	Название населенного пункта	Интенсивность по разным источникам, баллы MSK-64					
			[Князева, 1999; Складар, Князева, Королев, 2000]	Попова, Никонов по [Князева, 1999; Складар, Князева, Королев, 2000]	По воспоминаниям очевидцев	По фотодокументам	По ранним публикациям	Итоговая оценка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	г. Ялта	8	8	8 (7–8)	8 7–8(7) 6–7(7)	–	8
2	2	п. Ливадия	8	7		7(6–7)		7
3	3	п. Ореанда	8	(≥7)		7(±0.5)		7–8
4	4	Мыс Ай-Тодор	8	(7)				(7)
5	5	Турбаза “Кичкине”	8	(7)				(7)
6	6	г. Алушка	8	7–8		7–8		7–8
7	7	п. Симеиз	8	7–8	7–8	7(6–7)		7–8
8	9	г. Алушта	8	7–8	7–8(8)	7(7–8)		7–8
9	10	д. Биюк-Ламбат (Малый Маяк)	8	(7–8)				(7–8)
10	11	г. Гурзуф	8	7	7–8	7±0.5		7
11	13	п. Мисхор	8	7		7–8		7(7–8)
12	14	п. Гаспра	8	7(7–8)				7(7–8)
13	15	д. Лимены (Голубой залив)	8	7		7–8		7(7–8)
14	16	п. Кацивели	8	7				7
15	18	г. Балаклава	8	7	7–8	7–8		7–8
16	23	д. Нижний Керменчик (Высокое)	8	8				8
17	26	д. Корбек (Изобильное)	8	7		(6–7)		7
18	28	п. Кореиз	8	7		7–8		7
19	29	д. Кикенеиз (Оползневое)	8	(7–8)				(7–8)
20	68	п. Рабочий уголок	8	7(7–8)		7(7–8)		7(7–8)
21	69	д. Паргени	8	7		7(7–8)		7
22	70	д. Дегерменкой (Запрудное)	8	7–8				7–8
23	71	санат. Карасан (“Утес”)	8	7–8				7–8
24	72	д. Кизил-таш (Краснокаменка)	8	7–8			7–8	7–8
25	73	д. Куркулет (Айвазовское)	8	7				7
26	74	Никитский Ботанический сад	8	(7–8)		(6–7)		(7–8)
27	75	д. Никита (Ай-Никита)	8	7–8(8)	6			(7)(7–8)

## Приложение 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	76	д. Дерекой (в черте Ялты) (Ущельное)	8	7–8				7–8
29	77	п. Массандра	8	7(7–8)	7(7–8)			7(7–8)
30	78	д. Кучук-Кой (Парковое)	8	7–8				7–8
31	79	гора Ай-Петри	8	>6–7				>6–7
32	80	п. Форос	8	7	(8)			7(8)
33	81	д. Мухалатка	8	7				7
34	82	д. Варнутка (Гончарное)	8	(8)				(8)
35	83	п. Тессели	8	7(7–8)				7(7–8)
36	84	п. Бартеневка (Северная сторона)	8	7				7
37	85	д. Камышлы (Дальнее)	8	7–8				7–8
38	86	д. Карань (Флотское)	8	7				7
39	87	д. Ангара (Перевальное)	8	7–8(8)		7–8		7–8
40	97	п. Кастрополь (Береговое)	8	7–8				7–8
41	12	д. Аутка (п. Чехово в черте Ялты)	7–8	7–8				7–8
42	27	д. Кучук-Ламбат (Кипарисное)	7–8	7–8	6–7(7)			7–8(7)
43	30	д. Байдары (Орлиное)	7–8	7(7–8)				7(7–8)
43а	33	д. Бельбек (Фруктовое)	7–8	7				7
44	45	г. Судак	7–8	7	6–7		7	7(6–7)
45	88	д. Куру-Узень (Солнечногорское)	7–8	7–8				7–8
46	89	д. Ай-Василь (Васильевка в черте Ялты)	7–8	7–8(8)				7–8(8)
47	90	д. Мшатка	7–8	7	7–8			7–8
48	91	д. Уркуста (Передовое)	7–8	7(7–8)				7(7–8)
49	92	д. Саватка (Россошанка)	7–8	7				7
50	93	д. Молбай (Свободное)	7–8	7–8(7)			7	7(7–8)
51	94	д. Биюк-Мускомья (Широкое)	7–8	7–8				7–8
52	19	Георгиевский монастырь	7	7				7
53	20	г. Севастополь	7	7	7	7–8 7(7–8)		7
54	21	п. Учкучевка	7	7				7
55	22	г. Бахчисарай	7	7	6–7	7(6–7) (6–7)7		7
56	24	д. Туак (Рыбачье)	7	7(7–8)				7(7–8)
57	25	д. Демерджи (Лучистое)	7	7				7
58	34	д. Шули (Терновка)	7	7				7
59	36	д. Лаки	7	6–7		6–7		6–7
60	37	д. Верхний Керменчик (Высокое)	7	7				7
61	38	д. Базарчик (Почтовое)	7	7–8				7–8
62	39	д. Саблы (Партизанское)	7	7(7–8)				7(7–8)
63	41	д. Вейрат	7	(7)		7–8		7(7–8)
64	43	д. Шумы (Верхняя Кутузовка)	7	7(7–8)				7(7–8)
65	44	д. Биюк-Узенбаш (Счастливое)	7	7				7
66	46	г. Феодосия	7	6–7	6	6(6–7) (6)		6(6–7)
67	95	д. Ускут (Приветное)	7	7				7
68	96	д. Кучук-Узень (Малореченское)	7	7				7
69	98	д. Гавро (Плотинное)	7	7				7
70	99	д. Коуш (Шелковичное)	7	7				7
71	100	д. Коккозы (Соколиное)	7	7				7
72	101	д. Татар-Осман (Зеленое)	7	(7)				(7)

## Приложение 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
73	102	д. Ай-Тодор (Гористое)	7	7				7
74	103	д. Фоти-Сала (Голубинка)	7	7(7-8)				7(7-8)
75	104	д. Ашаги-Каралез (Залесное)	7	(7)				(7)
76	?	д. Юхары (рядом с № 104)		(7)				(7)
77	105	совхоз "Хан-эли" (Новопавловка)	7	7				7
78	106	д. Аиргуль (Солнечноселье)	7	7				7
79	107	Биюк-Каралез (Красный мак)	7	7				7
80	108	д. Биюк-Яшлав	7	(7-8)				(7-8)
81	109	д. Отаркой (Фронтное)	7	7				7
82	110	д. Бага (Новобобровское)	7	7-8				7-8
83	111	д. Эфендикой (Айвовое)	7	7			6-7	7
84	112	д. Узенбаш	7	7				7
85	113	д. Скеля (Родниковское)	7	7				7
86	114	д. Кучук-Мускомья (Резервное)	7	7				7
87	115	д. Алсу (Морозовка)	7	7				7
88	116	д. Камары (Оборонное)	7	7-8				7-8
89	117	д. Чоргунь (Чернореченское)	7	7				7
90	118	совхоз "Золотая Балка"	7	7				7
91	119	д. Кадыковка (предмесье Баллаклары)	7	7(7-8)				7(7-8)
92	120	п. Любимовка	7	7				7
93	121	м. Фиолент	7	7				7
94	122	д. Узунджа (Колхозное)	7	7				7
95	123	д. Омега	7	7				7
96	124	д. Кабазы	7	7				7
97	125	д. Шумай (Заречное)	7	7				7
98	126	д. Биюк-Янкой (Мраморное)	7	7				7
99	127	д. Кизил-Коба (Краснопещерное)	7	7				7
100	128	д. Мусабей-Адаргин	7	7				7
101	129	д. Баксан (Межгорье)	7	(7-8)				(7-8)
102	130	д. Бахчи-Эли (Богатое)	7	7				7
103	131	д. Аргин (Балки)	7	(7)				(7)
104	132	п. Новый Свет	7	7				7
105	133	д. Старая Бурульча (Долиновка)	7	7				7
106	134	д. Кутлак (Веселое)	7	7				7
107	135	д. Арпат (Зеленогорье)	7	(7)				(7)
108	136	д. Суук-Су (Лесное)	7	7				7
109	31	г. Инкерман	6-7	6-7(7)				6-7(7)
110	40	г. Симферополь	6-7	6-7(7)	5			6-7
111	47	г. Старый Крым	6-7	6-7			6	6-7(6)
112	48	г. Евпатория	6-7	6-7				6-7
113	49	д. Карасан (Маленькое)	6-7	6-7				6-7
114	137	д. Сахтик (Павловка)	6-7	6-7				6-7
115	138	д. Уппа (Родное)	6-7	6-7				6-7
116	139	д. Новые Шули	6-7	6-7(7)				6-7(7)
117	140	д. Кучки	6-7	6-7(7)				6-7(7)
118	141	д. Кара-Куба	6-7	(6)				(6)
119	142	д. Кучук-Узенбаш (Многоречье)	6-7	7				7
120	143	д. Балта-Чокрак (Алешино)	6-7	6-7				6-7
121	144	д. Азек (Плодовое)	6-7	6-7				6-7
122	145	д. Тоуле (Дачное)	6-7	6-7				6-7
123	146	д. Бурлюк (Вилино)	6-7	6-7				6-7

## Приложение 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
124	147	д. Эски-Эль (Вишневое)	6–7	(6–7)				(6–7)
125	148	д. Кисек-Аратук (Клиновка)	6–7	6–7				6–7
126	149	д. Бешуй-Эли	6–7	6–7				6–7
127	150	д. Агач-Эли (Заветное)	6–7	6–7				6–7
128	151	д. Курцы (Украинка)	6–7	6–7				6–7
129	152	д. Бахчи-Эли (Симферополь)	6–7	6–7				6–7
130	153	д. Соловьевка	6–7	6–7				6–7
131	154	д. Петрово	6–7	6–7				6–7
132	155	д. Сарайли-Кият (Мирное)	6–7	6–7				6–7
133	156	д. Барабановка	6–7	6–7				6–7
134	157	д. Сартан (Алексеевка)	6–7	6(6–7)				6(6–7)
135	158	д. Каясты (Литвиненково)	6–7	6–7				6–7
136	159	д. Карасубазар (Белогорск)	6–7	7			6	6–7
137	160	д. Отузы (Щебетовка)	6–7	6–7				6–7
138	161	д. Кринички	6–7	(7)				(7)
139	162	п. Коктебель (Планерское)	6–7	6–7	6–7			6–7
140	163	д. Шахмурзы (Высокое)	6–7	6–7				6–7
141	17	п. Батилиман	6	6				6
142	42	д. Улу-Узень (Генеральское)	6	(6–7)				(6–7)
143	53	д. Ново-Царицыно (Садовое)	6	6				6
144	59	п. Карадаг	6	(5)			6	5–6
145	60	ст. Владиславовка	6	(6)			5–6	5–6 (6)
146	61	ст. Грамматиково	6	(6)			6	6
147	164	д. Календи (Подгорное)	6	6				6
148	165	д. Аранчи (Тенистое)	6	(6)				(6)
149	166	д. Мамашай (Орловка)	6	(6)				(6)
150	167	д. Терескунда (Октябрьское)	6	6–7				6–7
151	168	д. Суин-Аджи	6	6–7				6–7
152	169	д. Таушан –Базар (Привольное)	6	(6)				(6)
153	170	д. Новозбурьевка	6	(6–7)				6–7
154	171	д. Кара-Кият (Битумное)	6	(5)				(5)
155	172	д. Сарабуз (Гвардейское)	6	(5)				(5)
156	173	д. Ханьшкой (Отрадное)	6	6–7				6–7
157	174	д. Салгир-Кият	6	6–7				6–7
158	175	д. Юг-Тонган	6	6–7				6–7
159	176	д. Карачоль (Чернополье)	6	7			7–8	7/(7-8)
160	177	д. Азамат (Васильевка)	6	6				6
161	178	д. Аргенчик (Зыбины)	6	6				6
162	179	д. Ай-Серез (Междуречье)	6	6(6–7)				6(6–7)
163	180	д. Таракташ (Дачное)	6	6(6–7)				6(6–7)
164	181	д. Кучук-Таракташ	6	6(6–7)				6(6–7)
165	182	д. Нейман (Абрикосовка)	6	6–7				6–7
166	183	д. Кара-Тобе (Прибрежное)	6	(6)				(6)
167	184	д. Богалы (Суворовское)	6	–				–
168	185	д. Арпач (Фронтное)	6	6				6
169	186	ст. Колай (Азовское)	6	(6–7)				(6–7)
170	187	д. Тереклы-Шихна (Мельничное)	6	(6)				(6)
171	66	г. Джанкой	5–6	(6)			5	5
173	50	г. Ак-Мечеть (Черноморское)	5	(5)				(5)
174	54	д. Айбарам (Войково)	5	(5)				(5)
175	58	ст. Воинка	5	6–7				6–7
176	64	г. Армянский Базар (Армянск)	5	(6)				(6)
177	67	г. Керчь	5	(≤5)			4	(≤5)
178	188	д. Джелал (Северное)	5	(5)				(5)
179	189	д. Новая жизнь	5	(5–6)				(5–6)

## Приложение 2 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
180	190	д. Джарда (Овощное)	5	(5–6)				(5–6)
181	191	д. Тюп-Кегенез (Бородино)	5	–				–
182	192	д. Богемка (Лобаново)	5	(6)				(6)
183	193	д. Шагим	5	(6)				(6)
184	194	мыс Тарханкут	5	(5)				(5)
185	196	мыс Чауда	5	(5)			5	5
186	195	д. Джарьылгач (Межводное)	4–5	5(4–5)				5(4–5)
187		мыс Аян				7		7
188		д. Кушка				6–7		6–7
189		пос. Артек					6–7	6–7
190		д. Шумхай (Пионерское)					6	6
191		д. Тав-Бодрак				(6)		(6)
192		д. Ново-Николаевка					5–6	5–6
193		д. Сейтлер					5	5