

## ПРОГРАММА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Митюшкина С.В., Раевская А.А., Токарев А.В., Чеброва А.Ю., Чемарев А.С.  
Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

### **Введение** в алгоритм

Создание в КФ ГС РАН интернет-опросника (<http://www.emsd.ru/lsopool/poll.php>) [2] способствовало обновлению процесса сбора и хранения макросейсмической информации, а также автоматизации обработки получаемых данных. В настоящее время вся информация о проявлениях землетрясений поступает в макросейсмическую базу данных либо с помощью интернет-опросника, который заполняется жителями по своим ощущениям, либо с помощью локальной web-страницы, разработанной для специалистов, проводящих опрос респондента. Данные заполненной анкеты автоматически обрабатываются. Результатом автоматической обработки является автоматическая оценка макросейсмической интенсивности  $I_{\text{AUTO}}$  в пункте. Автоматическая оценка интенсивности землетрясения производится с помощью алгоритма, заложенного в сейсмической шкале интенсивности землетрясений MMSK-92 (проект) [4]. Подробно об этом рассказано в работе [2]. Оценка  $I_{\text{AUTO}}$  происходит в два этапа. Сначала по каждой поступившей анкете, а затем, после привязки сообщения к землетрясению, по всем анкетам вычисляется осредненное значение интенсивности сотрясения для каждого макросейсмического пункта. Следует отметить, что на сегодняшний день все автоматические оценки интенсивности землетрясения носят только информационный характер, а правильной считается лишь экспертная оценка  $I_{\text{ЭКСП}}$  специалиста по макросейсмике, который анализирует всю собранную макросейсмическую информацию по событию.

Для работы с поступающей информацией создано приложение «The Power» (The Poll Viewer), которое, по сути, является «рабочим местом специалиста по макросейсмике». «The Power» позволяет комплексно работать с макросейсмическими данными: вносить информацию в макросейсмическую базу данных, анализировать и изменять ее; просматривать сообщения об ощутимых землетрясениях, поступающих через Интернет и собранных в результате устных опросов; получать автоматическую оценку интенсивности для сообщений; автоматически строить карты «землетрясение–пункты–баллы» и др. В целом, использование программы «The Power» во многом облегчает и ускоряет обработку макросейсмических данных, а также предполагает возможность проведения исследований в области макросейсмике.

### **Описание программы «The Power»**

Программа «The Power» является специальным приложением, разработанным в среде Delphi 7, в рамках создания подсистемы Единой Информационной Системы Сейсмологических Данных КФ ГС РАН [3], предназначенной для сбора, хранения и обработки макросейсмической информации. «The Power» неразрывно связана с интернет-опросником, поскольку изначально программа была предназначена для сбора и интерпретации сообщений о землетрясении, поступающих через Интернет.

Приложение состоит из пяти взаимосвязанных блоков-закладок (рис.1). Все данные, представленные в закладках, можно сортировать по любому полю, распечатывать. Рассмотрим блоки приложения «The Power» по порядку.

Закладка «*Правка*» необходима для работы с анкетами (сообщениями о землетрясении). Она объединяет три окна: список анкет (рис. 1а), их содержание (рис. 1б) и региональный каталог Камчатки и Командорских островов (рис. 1в). Пользователь может просматривать анкеты, редактировать их, распечатывать, удалять ошибочные или одинаковые. В списке анкет можно увидеть значения автоматической оценки интенсивности землетрясения, определенной для каждого сообщения (поле «.tAutoValue» на рис. 1а). В этой закладке Пользователь может связывать анкеты с региональным каталогом землетрясений или удалять ошибочные связи. Для удобства привязки анкет к сейсмическому событию Пользователю автоматически выдается список землетрясений близких по времени к указанному в сообщении. Также существует возможность выборки землетрясений по дате и классу.

Закладка «*Пункты*» необходима для работы с информацией о пунктах, для которых собирается макросейсмическая информация. Она содержит список макросейсмических пунктов (рис. 2а) и окно для редактирования информации по ним (рис. 2б). В окне редактирования Пользователь может создать новые пункты, посмотреть их расположение на карте, внести

исправления, добавить комментарии, а также указать, какие пункты будут отображены в списке интернет-анкеты. Макросейсмическим пунктом, помимо населенных пунктов, может быть и место рыбалки, охоты, полевого лагеря и т.п., где респондент ощущал землетрясение.

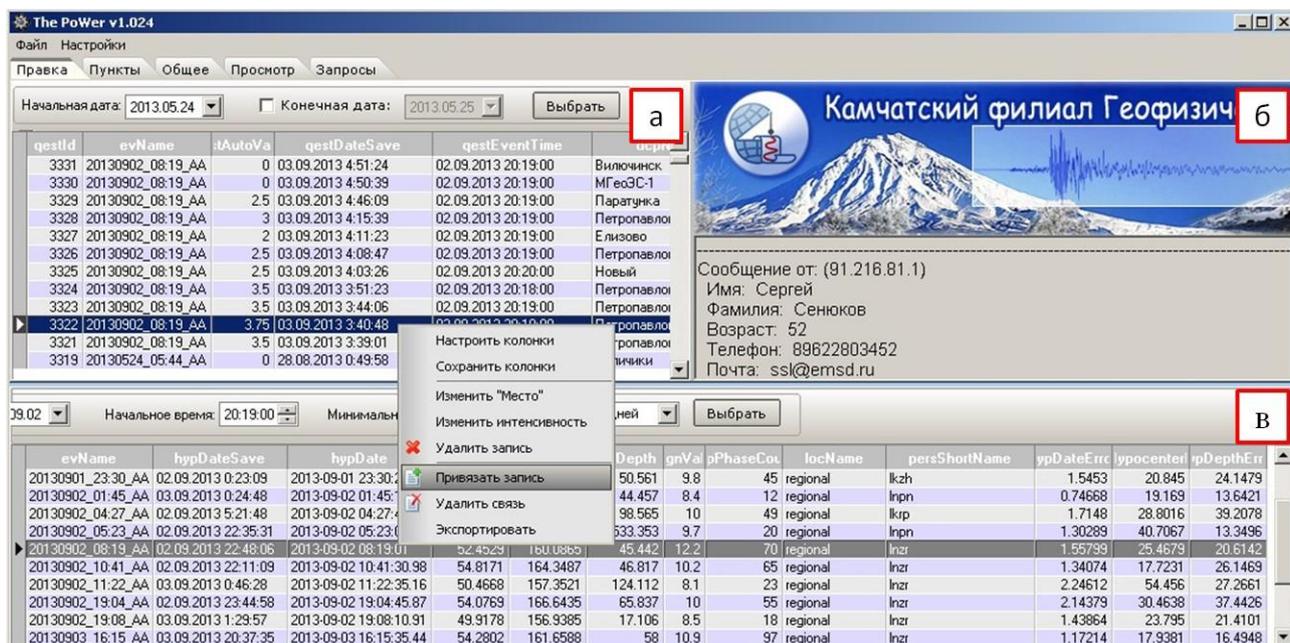


Рис.1 Пример экрана при работе в блоке «Правка»

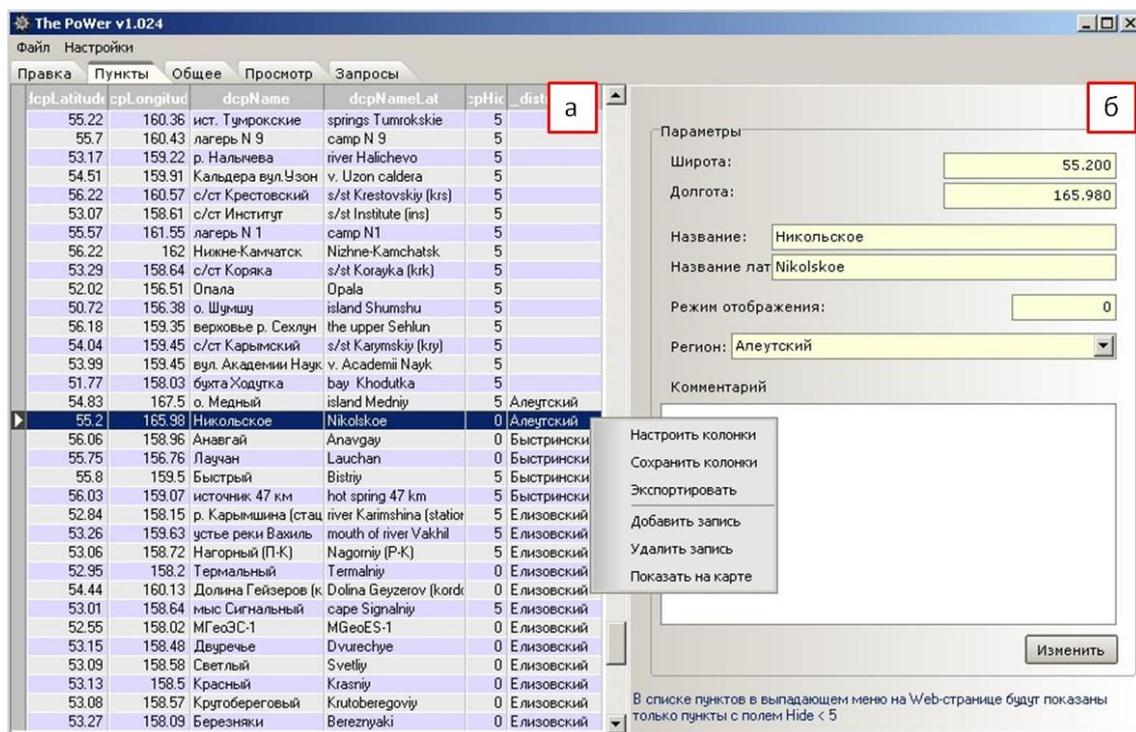


Рис.2 Пример экрана при работе в блоке «Пункты»

Закладка «Общее» позволяет работать с данными макросейсмического каталога. Здесь в отдельных окнах представлены: список землетрясений регионального каталога, имеющих макросейсмические проявления (рис. 3а); список пунктов, где ощущалось землетрясение (рис. 3б); список анкет, поступивших из каждого пункта (рис. 3в); тексты сообщений (рис. 3г). Помимо этого в закладке присутствует окно редактирования для внесения экспертной оценки интенсивности события (рис. 3д).

Из списка землетрясений Пользователь выбирает нужное событие, и вся информация по нему выводится в перечисленных окнах закладки (рис. 3б-д). В окне списка пунктов «The Power» выдает усредненную интенсивность сотрясений в пункте по всей информации, полученной от респондентов [2,4]; эпицентрального расстояния до пункта наблюдения, азимут и статистику по

количеству поступивших сообщений. В окне списка анкет представлены все сообщения из просматриваемого пункта, которые можно прочитать в окне текстов сообщений. В окне редактирования Пользователь для каждого пункта может дать окончательную оценку интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 [1] и общее описание проявления землетрясения, которые тут же получают свое отражение в списке пунктов. Все полученные и обработанные макросейсмические данные по выбранному событию отображаются на карте «землетрясение-пункты-баллы» (рис. 3е).

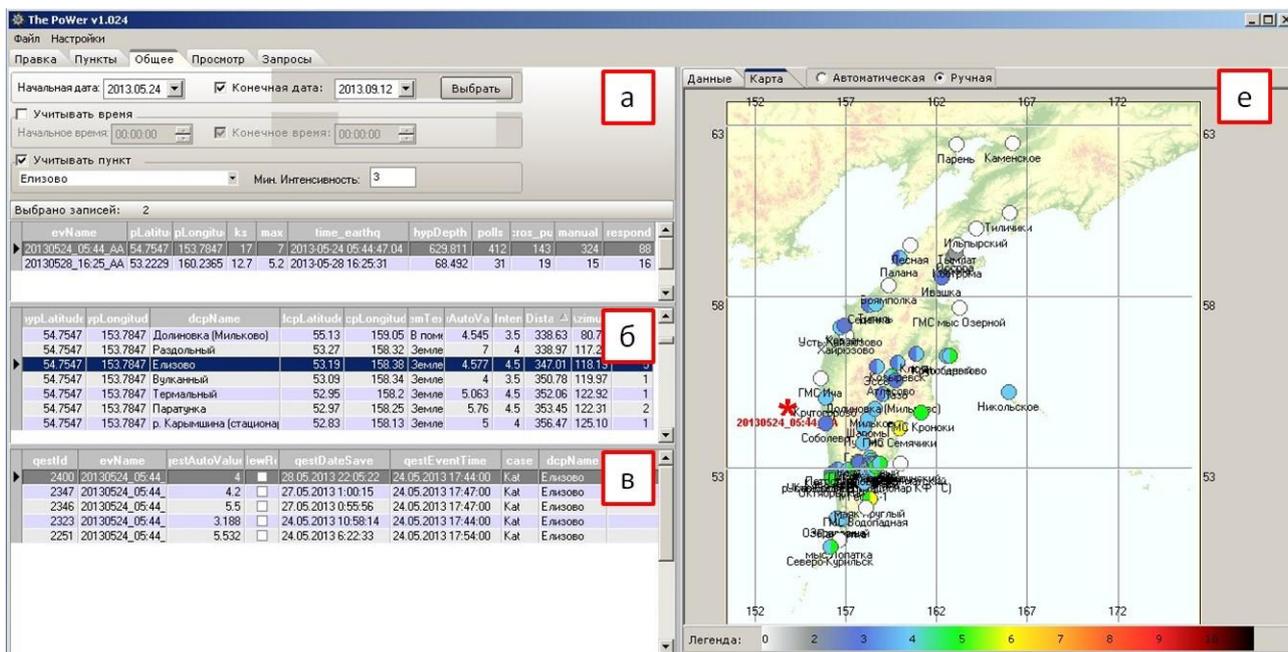
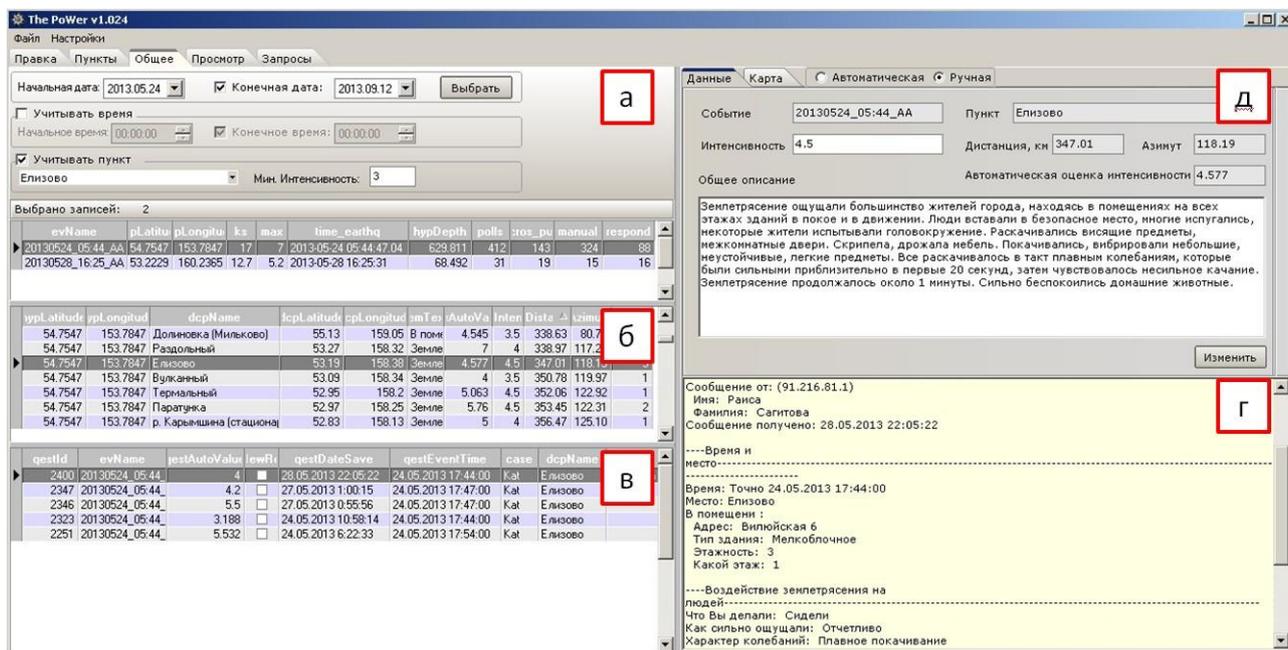


Рис.3 Пример экрана при работе в блоке «Общее» закладка «Данные» и «Карта»

Закладка «Просмотр» позволяет Пользователю построить карту пунктов вместе с эпицентром любого землетрясения из регионального каталога для использования ее при макросейсмическом опросе. Этот блок представлен списком землетрясений регионального каталога (рис. 4а), списком макросейсмических пунктов, отсортированным в порядке удаления от эпицентра (рис. 4б), и самой картой, на которой отображаются выбранные Пользователем пункты (рис. 4в). Полученную карту с информацией по пунктам можно распечатать.

Закладка «Запросы» находится в разработке. В этом блоке Пользователь сможет делать любые выборки из макросейсмического каталога, получать таблицы в формате годового отчета или сборника «Землетрясения Северной Евразии» и т.п.

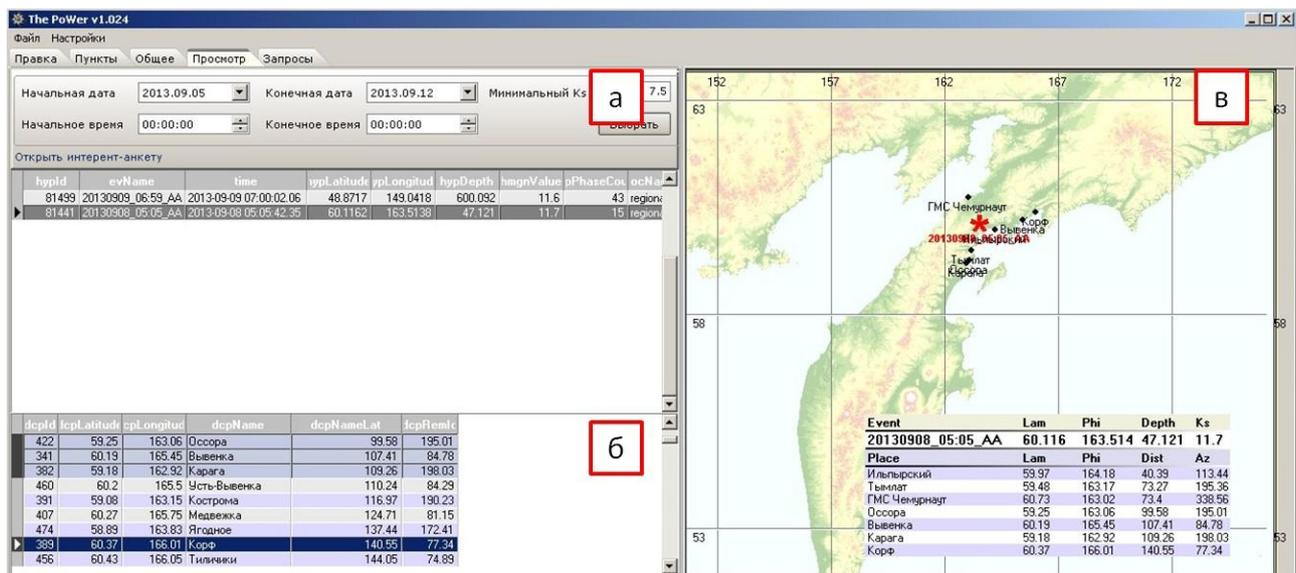


Рис.4 Пример экрана при работе в блоке «Просмотр»

### Первые результаты использования автоматизированной системы обработки макросейсмической информации и их обсуждение

В марте 2013 г. появилась возможность связывать интернет-анкеты с землетрясениями из регионального каталога Камчатки и Командорских островов. Поэтому, начиная с 2013 г., вся информация о проявлениях землетрясений поступает в макросейсмическую базу данных либо с помощью интернет-опросника, который заполняется жителями по своим ощущениям, либо с помощью локальной web-страницы, разработанной для специалистов, проводящих опрос респондента. Это во многом ускоряет и облегчает работу специалиста.

С момента начала работы интернет-опросника в сентябре 2011 г. по 2012 г. было получено 302 сообщения о 83 землетрясениях. Данные в основном поступали от сотрудников КФ ГС РАН. Информация о существовании интернет-опросника не распространялась широко, поскольку еще требовалась значительная доработка подсистемы для обработки собираемых данных.

С начала 2013 г. макросейсмическая база данных пополнилась информацией о 170 событиях регионального каталога, 120 из которых были ощутимыми. Через web-ресурс поступило 1881 сообщение, из которых 618 прислали независимые респонденты об ощущении 95 землетрясений, вызвавших в населенных пунктах сотрясения от 2 до 5-6 баллов по шкале MSK-64 [1]. Наибольший всплеск активности респондентов в 2013 г. наблюдался после 3 сильных землетрясений (табл. 1).

Таблица 1. Данные по количеству анкет, заполненных независимыми респондентами в сети Интернет после трех сильных землетрясений 2013 г., и оценки интенсивности (экспертная  $I_{ЭКСП}$  и автоматическая  $I_{АУТО}$ ), полученные для этих событий с помощью программы «The Power».

Дата	Время час мин	$K_S$	Кол-во пунктов отклика	Всего респондентов	Кол-во респондентов в П-К	I в П-К, балл	
						$I_{ЭКСП}$	$I_{АУТО}$
28.02.2013	14 05	15.2	14	67	32	4-5	4.870
21.05.2013	05 43	14.4	8	47	35	4-5	5.149
24.05.2013	05 44	17.0	23	88	50	5	5.174

Примечание: «П-К» – Петропавловск Камчатский

Как уже говорилось выше, результатом работы «The Power» является автоматическая оценка макросейсмической интенсивности  $I_{АУТО}$  в пункте. Оценка значения  $I_{АУТО}$  производится с помощью алгоритма, заложенного в сейсмической шкале интенсивности землетрясений MMSK-92 (проект) [4]. Экспертная оценка производится специалистами по шкале MSK-64. Интервалы балльности шкалы MMSK-92 строго соответствуют интервалам, принятым в официальной шкале MSK-64. Основными признаками оценки балльности являются реакция людей, реакция предметов, повреждение зданий, явления на поверхности земли, реакция на землетрясение инженерных сооружений.

Использование программы «The Power» показало, что заложенный в нее алгоритм для расчета автоматической оценки интенсивности в пункте ( $I_{АУТО}$ ) часто дает результат, отличающийся от экспертной оценки ( $I_{ЭКСП}$ ): для слабых проявлений происходит завышение балльности, а для сильных – занижение. Предположительно, основная причина различия в оценках  $I_{АУТО}$  и  $I_{ЭКСП}$  состоит

в том, что пока еще в алгоритме оценки  $I_{\text{AUTO}}$  не учитывается приоритет признаков, установленный в шкале MMSK-92 для различной интенсивности проявлений. В ближайшее время планируется ввести в алгоритм подобный приоритет признаков [4]. Также отсутствует поправка значения  $I_{\text{AUTO}}$  на этажность. Эта поправка будет рассчитана после анализа накопленного материала.

Для того, чтобы проанализировать работу алгоритма расчета  $I_{\text{AUTO}}$ , заложенного в программу «The Power», через локальную web-страницу с анкетой были введены данные опросных листов (849 сообщений) макросейсмических ощущений 5 событий прошлых лет с  $M \geq 7$ , имеющих экспертную оценку макросейсмического эффекта. Это Озерновское землетрясение 22 ноября 1969 г. в 23<sup>h</sup>09<sup>m</sup> ( $M=7.7$ ), Петропавловское землетрясение 24 ноября 1971 г. в 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> ( $M=7.3$ ), Усть-Камчатское землетрясение 15 декабря 1971 г. в 8<sup>h</sup>29<sup>m</sup> ( $M=7.8$ ), Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 г. в 11<sup>h</sup>26<sup>m</sup> ( $M=7.9$ ) и Олюторское землетрясение 20 апреля 2006 г. в 23<sup>h</sup>24<sup>m</sup> ( $M=7.7$ ).

Для землетрясения 24 ноября 1971 г. по Петропавловску-Камчатскому было введено 551 сообщение. В основном это результаты инженерного обследования поврежденных зданий, где присутствует только их реакция на землетрясение. В этом случае значение  $I_{\text{AUTO}}=6.888$  идеально соответствовало  $I_{\text{ЭКСП}}=7$ . В то же время для Олюторского землетрясения вводились результаты обследования эпицентральной зоны, содержащие реакцию зданий, людей и предметов. И все они дали значение  $I_{\text{AUTO}}$  на 1-2 балла ниже  $I_{\text{ЭКСП}}$ . Работа с этими землетрясениями еще раз подтвердила, что необходимо учитывать приоритет признаков в расчете  $I_{\text{AUTO}}$ .

Для сильных землетрясений, показанных в табл. 1, наблюдается соответствие между  $I_{\text{AUTO}}$  и  $I_{\text{ЭКСП}}$  для ощущений в Петропавловске-Камчатском. Это может быть связано с тем, что для событий было получено большое количество анкет, которое дает объективную картину проявления землетрясения в пункте. С другой стороны, значение интенсивности  $I=4-5$  баллов относится к средней оценке интенсивности по шкале MSK-64, когда наблюдаемая реакция людей и предметов соответствует теоретической [4].

### **Заключение**

Введенные в работу в 2011 году интернет-опросник [2] и программа «The Power» являются основными элементами подсистемы для сбора и обработки макросейсмических данных, разработка которой ведется в рамках создания Единой Информационной Системы Сейсмологических Данных КФ ГС РАН [3]. За два года использования созданная подсистема стала необходимым аппаратом в работе с макросейсмическими данными. За это время постепенно увеличилось количество респондентов, откликающихся после ощутимых событий. Одновременно приложение «The Power» претерпело различные изменения в сторону улучшения и создания большего удобства для Пользователя: населенные пункты были сгруппированы по районам, добавлено отображение в таблицах количества полученных анкет для конкретного землетрясения, введены различные режимы отображения макросейсмических результатов на карте – ручные или автоматические и т.д. Можно считать, что в первом приближении работа по созданию подсистемы для обработки макросейсмической информации закончена.

«The Power» позволяет просмотреть всю имеющуюся макросейсмическую информацию, данные регионального каталога, получить быстрый отклик на любые изменения в макросейсмическом каталоге. Это приложение во многом ускорило и облегчило работу специалиста по макросейсмике. В то же время необходима разработка возможности выполнения различных запросов, вывода информации на внешний носитель, печати и сохранения интерактивных макросейсмических карт, а также доработка алгоритма для автоматического расчета интенсивности проявления землетрясения в пункте

### **Список литературы**

1. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
2. Митюшкина С.В., Токарев А.В., Раевская А.А., Чеброва А.Ю. Автоматическая обработка макросейсмической информации по камчатским землетрясениям на базе Интернет-опросника // Сборник докладов III научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России». Петропавловск-Камчатский, 2011. CD.
3. Токарев А.А., Бахтиярова Г.М., Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В. Современный взгляд на устаревшую систему хранения сейсмологических данных КФ ГС РАН // Сборник докладов III научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России». Петропавловск-Камчатский, 2011. CD.
4. Шебакин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Развитие шкалы MSK // Проблемы макросейсмике. Вычислительная сейсмология. Вып.34. М.: ГЕОС, 2003. С.210-253.