

О системе AFCAST

AFCAST – автоматизированная система оценки опасности сильных афтершоков в режиме времени близком к реальному. Для оценки используются данные каталога ANSS ComCat Геологической службы США (USGS). Основные толчки – землетрясения с М6 или выше. Результаты работы системы AFCAST доступны в WEB приложении в сети Интернет по адресу <https://www.itpz-ran.ru/afcast/>.

Требования к оборудованию для работы с системой AFCAST

Для работы с WEB приложением системы AFCAST необходим компьютер, подключенный к сети Интернет, на который установлен любой web-браузер версии не старше 2013 г. (например, Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer, Opera, Safari). В браузере должна быть включена поддержка java скриптов.

Результаты системы носят предварительный рекомендательный характер и могут использоваться только в научных целях.

В случае неполадок каких-либо системы AFCAST просим сообщать по e-mail bars.vl@gmail.com, vadim@krsc.ru

Инструкция по работе с системой AFCAST

Стартовый экран системы AFCAST (Рис. 1) расположен по адресу <https://www.itpz-ran.ru/afcast/>

На стартовом экране представлен модуль выбора основных толчков **index**. Модуль (Рис. 1) разделен на три части, в которых сгруппирована однотипная информация.

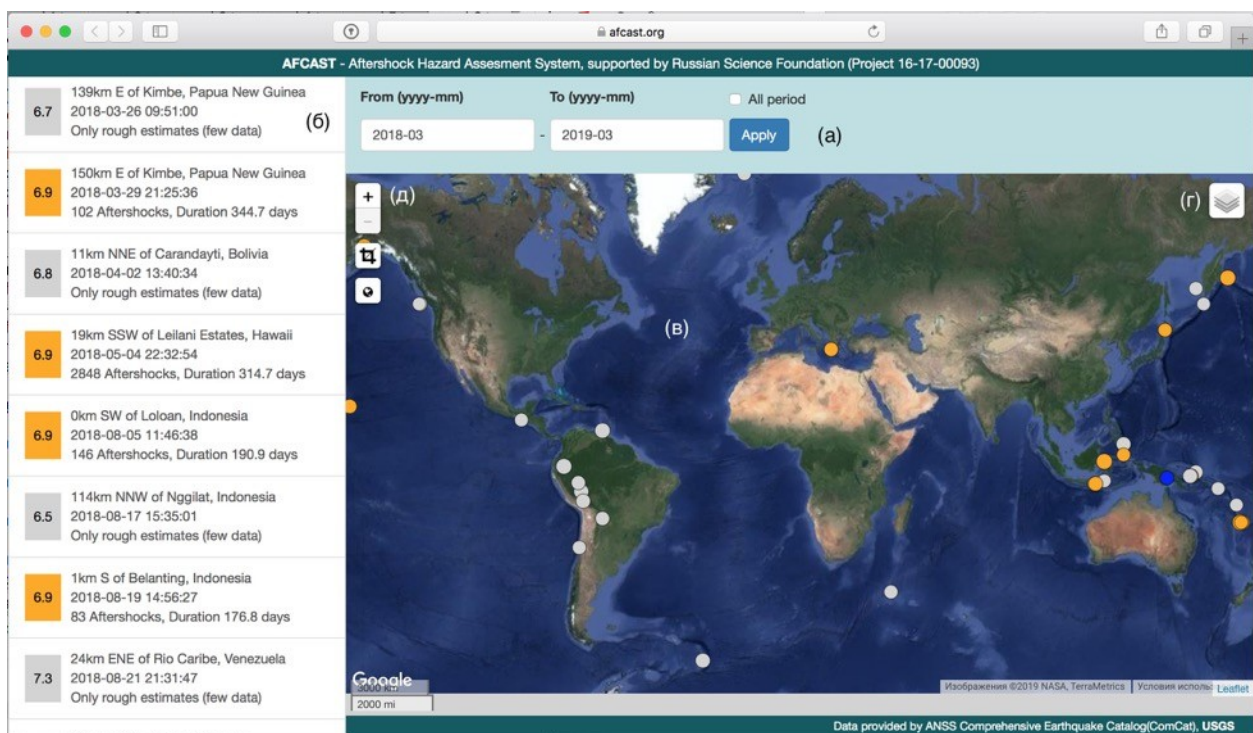


Рис. 1. Стартовый экран системы AFCAST. (а) – инструмент для выбора интервала времени для загрузки данных (формат гггг-мм); (б) – список основных толчков с магнитудами, временами в очаге, упорядоченный по возрастанию времен: синий

квадрат – законченные серии (больше года после основного толчка), оранжевый квадрат – незаконченные серии (меньше года после основного толчка), серый квадрат – серии, для которых возможны только усредненные оценки, и характеристики афтершоковых серий (число афтершоков и длительность серии); (в) – интерактивная карта с основными толчками: цвет кружка соответствует цвету фона магнитуды (б), размер кружка пропорционален магнитуде основного толчка; (г) – инструмент для выбора топографической основы интерактивной карты (в); (д) – инструмент масштабирования интерактивной карты (в).

Модуль *index* (Рис. 1) предоставляет пользователю следующие возможности: выбор интервала времени для загрузки афтершоковых серий (доступны сведения с 2004 г.); просмотр информации о загруженных основных толчках и характеристиках афтершоковых серий в виде списка и интерактивной карты. Также имеется возможность выбора пользователем топографической основы интерактивной карты из 8 вариантов, включая цифровые модели рельефа и подробные карты проекта Open Street Map, подробно показывающие городскую застройку (Рис. 1г).

Щелчок мышью по элементу левого списка (Рис. 1б) или по эпицентру интерактивной карты (Рис. 1в) открывает карточку основного толчка (Рис. 2) – землетрясение с магнитудой 6.5 или выше с более подробной информацией об соответствующей серии афтершоков. Карточка появляется в эпицентре основного толчка на карте. Щелчок мышью по кнопкам (Рис. 2в) осуществляет переход к модулям визуализации оценок областей сильных афтершоков (в.1), магнитуд предстоящих сильнейших афтершоков (в.2) и длительности опасного периода (в.3).

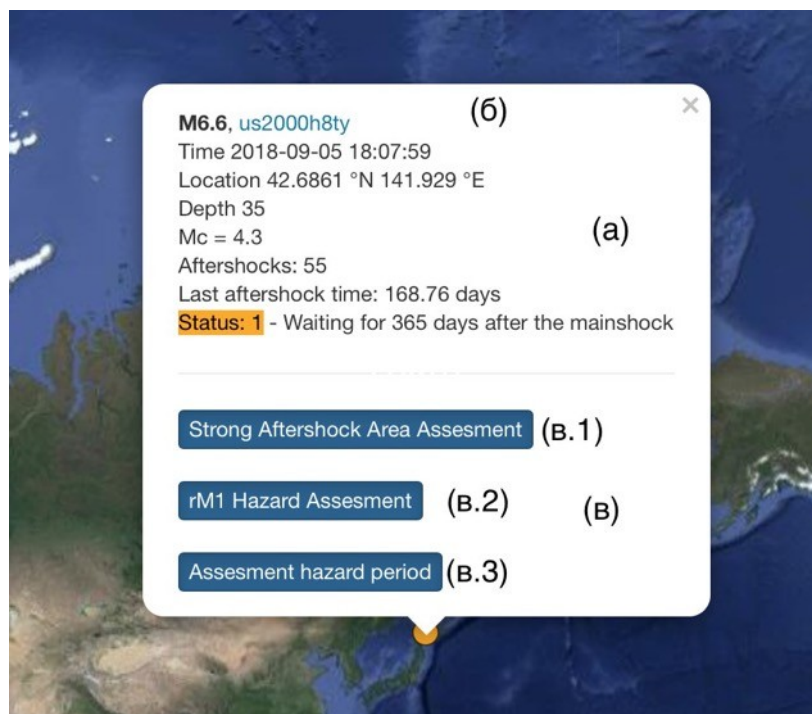


Рис. 2. Фрагмент основного экрана системы AFCAST с карточкой, содержащей подробную информацию об выбранной пользователем афтершоковой серии. (а) – карточка с информацией о времени в очаге и гипоцентре основного толчка, а также локальная представительная магнитуда M_c , количестве афтершоков, относительном времени последнего афтершока в сутках после основного толчка и статусе серии; (б) – ссылка на страницу на сайте USGS с информацией об основном толчке; (в) – кнопки

для перехода к визуализации оценок областей сильных автершоков (в.1), магнитуд предстоящих сильнейших автершоков (в.2) и длительности опасного периода (в.3).

Модуль оценок областей сильных автершоков *aseq*. Модуль визуализации оценок областей, в которых ожидаются сильные автершоки вызывается пользователем при помощи щелчка мышью по кнопке (в.1) в карточке события (Рис. 2в). Экран модуля *aseq* разделен на две части, в которых сгруппированы элементы интерфейса, управляющие визуализацией однотипной информации.

В первой части экрана (Рис. 3) приведены характеристики автершокового процесса выбранного основного толчка: сведения о магнитуде и времени сильнейшего автершока, локальная представительная магнитуда серии M_c (Рис. 3а). Также приведены интерактивные графики, показывающие ход автершокового процесса (Рис. 3 б, в). Пользователь может изменять масштаб графиков, замерять те или иные значения и сохранять график в файле формата png.

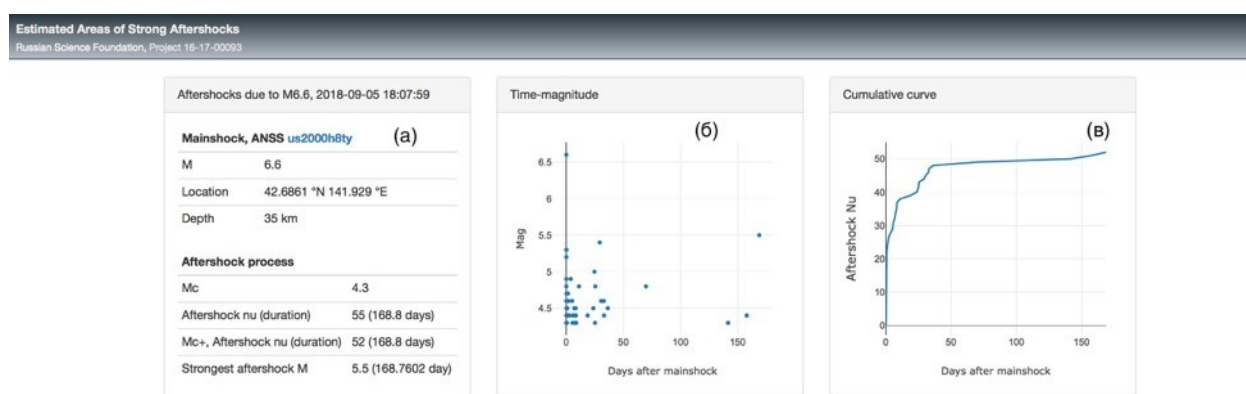


Рис. 3. Фрагмент экрана модуля *aseq* системы AFCAST с информацией о ходе автершокового процесса. (а) – информация о выбранном пользователем основном толчке и автершоковой серии; (б) – интерактивный график зависимости магнитуды автершоков от времени; (в) – интерактивный график зависимости суммарного количества автершоков от времени. Блок информации об автершоковом содержит информацию, аналогичную карточке (рис. 5), с сведения о магнитуде и времени сильнейшего автершока.

Под блоком информации о ходе автершокового процесса расположен раздел, в котором приводятся области, где ожидаются сильные автершоки (Рис. 4). В таблице (Рис. 4а) приведены области, где ожидаются сильные автершоки. Области ранжированы по степени важности прогноза, согласно стратегиям («Мягкая», «Жесткая» и «Нейтральная»), отражающим степень важности прогноза. Если сильный автершок может привести к катастрофическим последствиям при отсутствии соответствующих превентивных мер, то должна применяться «жесткая» стратегия, соответствующая низкой вероятности пропуска сильного автершока. В ситуации, когда необходимо минимизировать размер области тревоги с целью сокращения расходов на поддержание тревоги применяется «мягкая» стратегия. Если же последствия пропуска сильного автершока и поддержания большой области тревоги примерно одинаковы или неизвестны применяется «нейтральная стратегия».

Пользователь в модуле *aseq* имеет возможность включать или выключать отображение той или иной области на карте (Рис. 4б). Функции интерактивной карты (Рис. 4б) аналогичны функциям карты на основном экране системы AFCAST (Рис. 1в). Слева от интерактивной карты расположена ее легенда (Рис. 4в), которая так же позволяет пользователю включать или отключать отображение элементов (основной

толчок, афтершоки, вмещающий круг, разрыв, направление осей механизма очага по данным USGS и GCMT) на интерактивной карте. Сильные афтершоки на интерактивной карте показаны красным цветом (Рис. 4в).

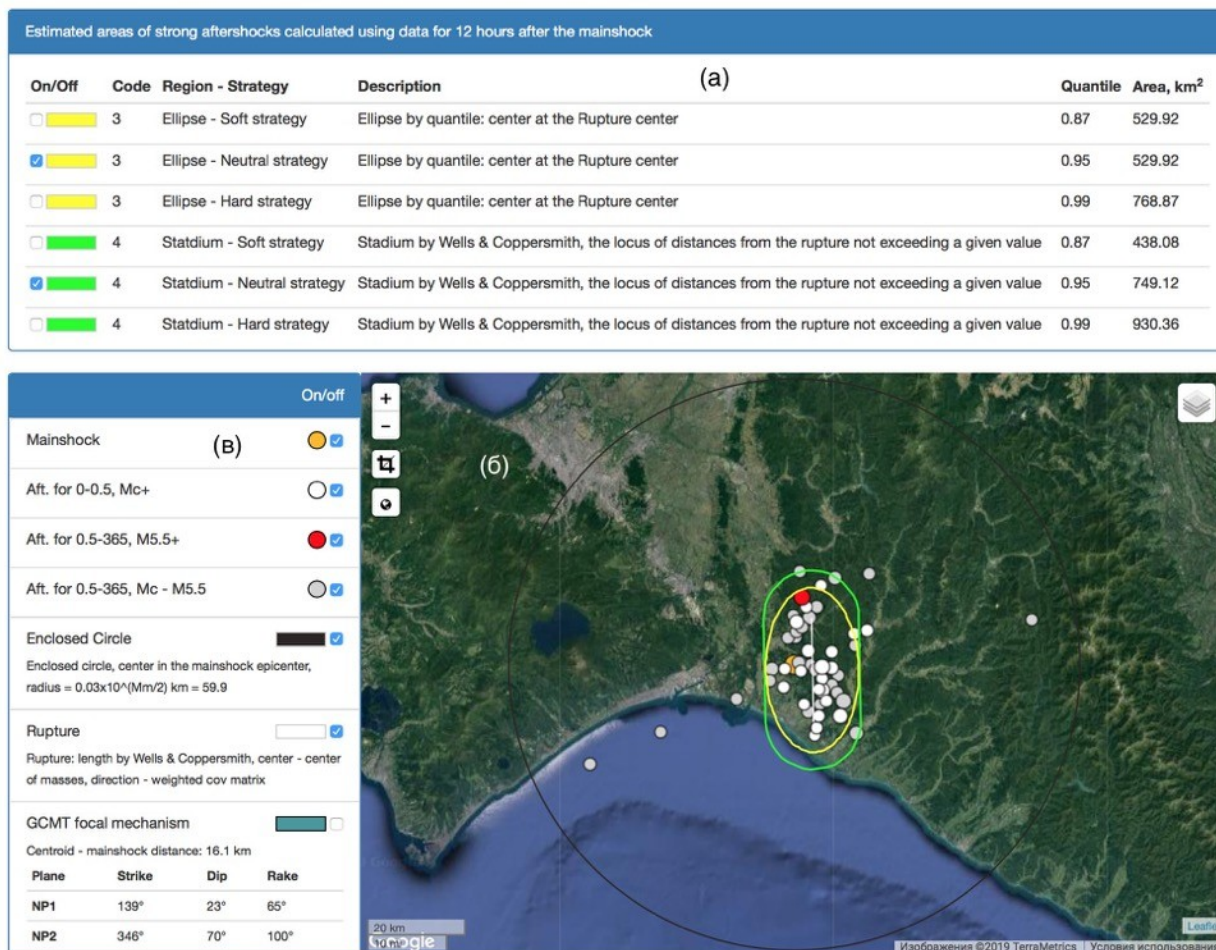


Рис. 4. Фрагмент экрана модуля *aseq* системы Afcast с информацией об областях, где ожидаются сильные афтершоки, ранжированных согласно стратегиями, определяемых степенью важности прогноза. (а) – интерактивная таблица областей и их описание (пользователь может включать или выключать отображение областей на карте) (б) – интерактивная карта, на которой показаны основной толчок, афтершоки и области, где ожидаются сильные афтершоки; (в) – легенда карты, на которой пользователь может включать или отключать показ информации на карте (б).

Модуль визуализации оценок магнитуд сильнейших афтершоков $m1$. Этот модуль вызывается пользователем при помощи щелчка мышью по кнопке (в.2) в карточке события (Рис. 2в). Экран модуля $m1$ разделен на три части, в которых сгруппированы элементы интерфейса, управляющие визуализацией однотипной информации. Первая часть такая же, как и в модуле визуализации оценок областей, где ожидаются сильнейшие афтершоки, *aseq* (Рис. 3). Эта часть содержит информацию о выбранном основном толчке, магнитуде и времени сильнейшего афтершока и временном ходе афтершокового процесса.

Под блоком информации об афтершоковом процессе расположена вторая часть, в которой представлены оценки магнитуды предстоящих сильнейших афтершоков $rM1$ по динамическому закону Бота (Рис. 5). Оценки показаны для интервала времени ($t,365$) суток после основного толчка для вероятностей неперевышения 10, 50 и 90%, которые представляют стратегии оптимиста, нейтральную и оптимиста. Также

показаны фактические значения магнитуды сильнейшего афтершока на интервале времени ($t, 365$) суток или до фактически прошедшего времени после основного толчка, если оно меньше года.

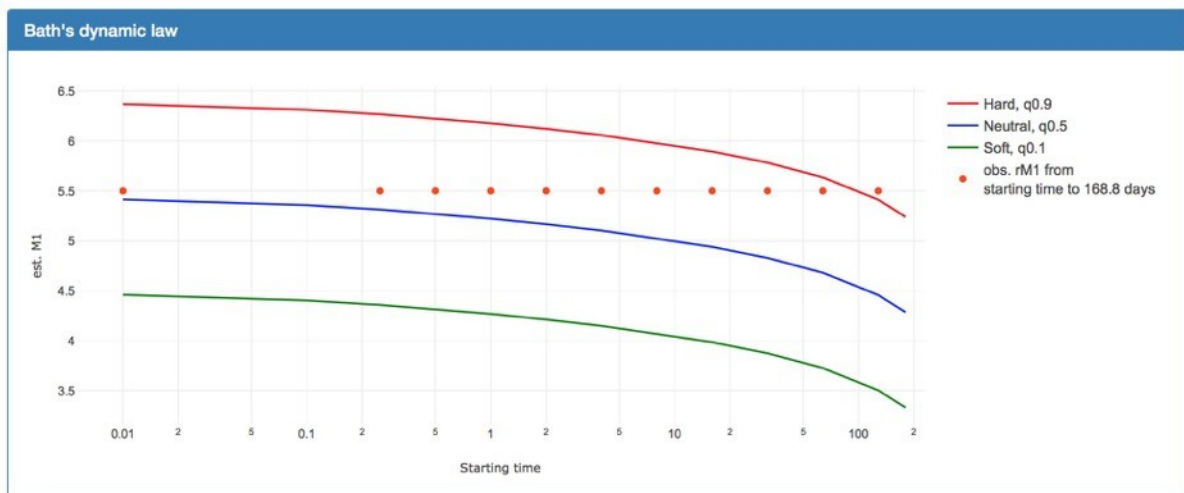


Рис. 5 Фрагмент экрана модуля *m1* системы AFCAST с оценками магнитуды предстоящих сильнейших афтершоков rM_1 по динамическому закону Бота. Красные точки – фактические значения магнитуды сильнейшего афтершока rM_1 на интервале времени ($t, 365$) суток или до фактически прошедшего времени после основного толчка, если оно меньше года. Зеленая, синяя, и красная кривые – оптимистическая, нейтральная и пессимистическая оценки магнитуды сильнейшего афтершока на интервале ($t, 365$) суток после основного толчка (t – starting time), соответствующие вероятностям неперевышения 10, 50 и 90%.

Третья часть (Рис. 6) содержит информацию об оценках магнитуды предстоящих сильнейших афтершоков по информации об уже зарегистрированных афтершоках.

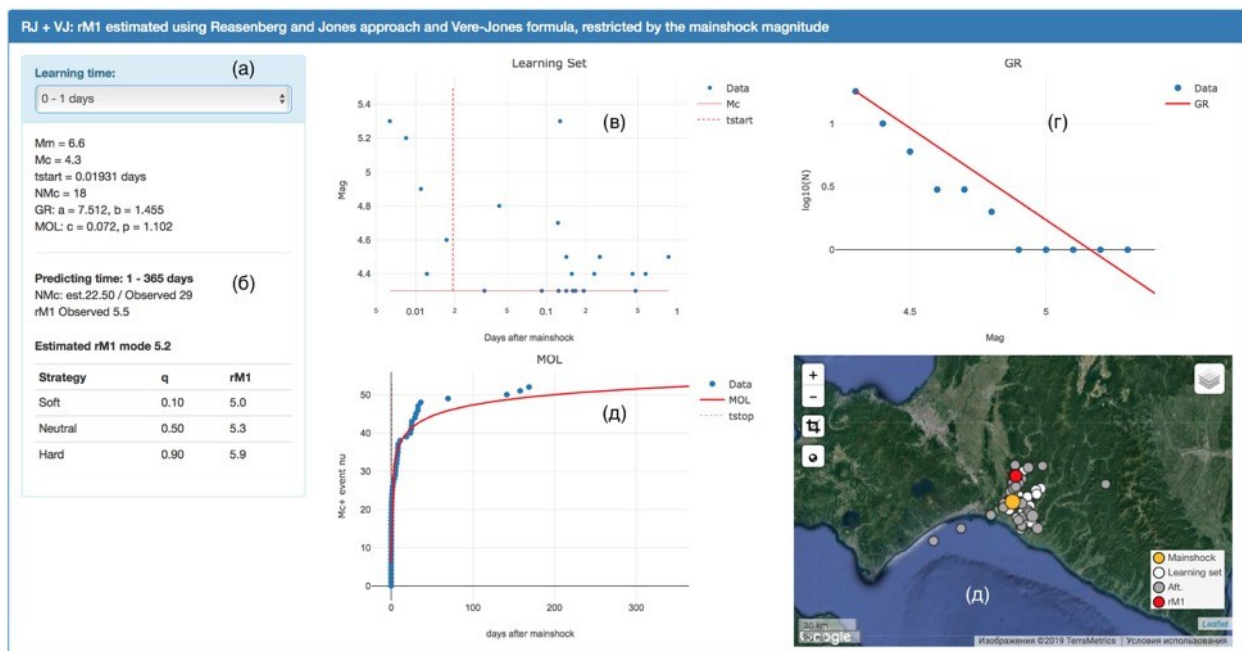


Рис. 6. Фрагмент экрана модуля *m1* системы AFCAST с оценками магнитуды предстоящих сильнейших афтершоков rM_1 по информации об уже зарегистрированных

афтершоках. (а) – Выбор доступных времен $[0, t]$, по которым выполнялось оценивание и оценки параметров модели: пара M_c, t_{start} – магнитуа и время, начиная с которых серия является полной; NMc – число представительных событий на $[t_{start}, t]$; параметры закона Гутенберга-Рихтера (a, b) и Омори-Утсу (c, p). (б) – Оцененные и наблюдаемые значения числа представительных афтершоков NMc , фактическая магнитуа сильнейшего афтершока rM_1 на интервале $(t, 365)$ суток, а также оценки магнитуа предстоящих сильнейших афтершоков с вероятностями неперевышения 10, 50 и 90%. (в) – Зависимость магнитуа от времени для афтершоков, произошедших на интервале $[0, t]$ суток в логарифмическом масштабе времени: горизонтальная прямая соответствует M_c , вертикальная пунктирная прямая – t_{start} . (г) – График повторяемости магнитуа афтершоков, произошедших на интервале $[0, t]$ суток: точки фактические данные, прямая – оценка по закону Гутенберга-Рихтера. (д) – Зависимость суммарного количества афтершоков от времени: точки – фактические данные, сплошная линия – оцененные по закону Омори-Утсу значения с параметрами в секции (а). (е) – Интерактивная карта: основной толчок показан оранжевым кружком, белые кружки – представительные афтершоки за время $[0, t]$ суток, серые кружки – представительные афтершоки за время $(0, 365)$ суток, красный кружок – сильнейший афтершок.

Экран модуля **m1** разделен на две части, в которых сгруппированы элементы интерфейса, управляющие визуализацией однотипной информации. Первая часть такая же, как и в модуле визуализации оценок областей, где ожидаются сильнейшие афтершоки, **aseq** (Рис. 3). Эта часть содержит информацию о выбранном основном толчке, магнитуа и времени сильнейшего афтершока и временном ходе афтершокового процесса.

Пользователю предоставляется выбор из списка (Рис. 6а) времени, по которому выполнялось оценивание. Для выбранного значения показываються параметры модели (см. раздел 5.3): пара (M_c, t_{start}) – магнитуа и время, начиная с которых серия является полной; NMc – число представительных событий за время $[t_{start}, t]$; параметры закона Гутенберга-Рихтера (a, b) и Омори-Утсу (c, p), оцененные с помощью априорной информации. Показаны (Рис. 7.7б): фактическое значение и оценка числа представительных афтершоков на интервале $(t, 365)$ суток; фактическое (если доступно) и оцененное значение магнитуа сильнейшего афтершока rM_1 ; фактические значения (если доступны) и оценки магнитуа предстоящих сильнейших афтершоков с вероятностями неперевышения 10, 50 и 90%.

Для контроля оценки параметров приводятся графики: зависимость магнитуа от времени для афтершоков, произошедших на интервале $[0, t]$ суток в логарифмическом масштабе времени (Рис. 6в): горизонтальная прямая соответствует M_c , вертикальная пунктирная прямая – t_{start} ; - график повторяемости магнитуа афтершоков (Рис. 6г), произошедших на интервале $[0, t]$ суток; зависимость суммарного количества афтершоков от времени (Рис. 6д), на графике показаны фактические данные и оцененные по закону Омори-Утсу значения с параметрами из секции (а). На интерактивной карте показаны (Рис. 6д): эпицентры основного толчка; представительные афтершоки за время t суток, по которым выполнялось оценивание; доступные эпицентры представительных афтершоков за $(t, 365)$ суток, а также сильнейший афтершок (если доступен), произошедший за $(t, 365)$ суток после основного толчка.

Модуль визуализации оценок длительностей опасного периода афтершоков с $M \geq M_m - 2 \tau$ вызывается пользователем при помощи щелчка мышью по кнопке (в.3) в карточке события (Рис. 2в). Экран модуля **tau** разделен на две части, в которых

сгруппированы элементы интерфейса, управляющие визуализацией однотипной информации. Первая часть такая же, как и в модуле визуализации оценок областей, где ожидаются сильнейшие афтершоки, *aseq* (Рис. 3). Эта часть содержит информацию о выбранном основном толчке, магнитуде и времени сильнейшего афтершока и временном ходе афтершокового процесса.

Вторая часть (Рис. 7.8) содержит информацию об оценках длительности опасного периода афтершоков с $M \geq M_m - 2$, представленную как в табличном виде (Рис. 7.8a), так и на интерактивных графиках (Рис. 7в), допускающих масштабирование и сохранение изображения в файле формата png. Также приводятся значения длительностей опасного периода (Рис. 7б), соответствующие вероятностям 10, 50 и 90%.

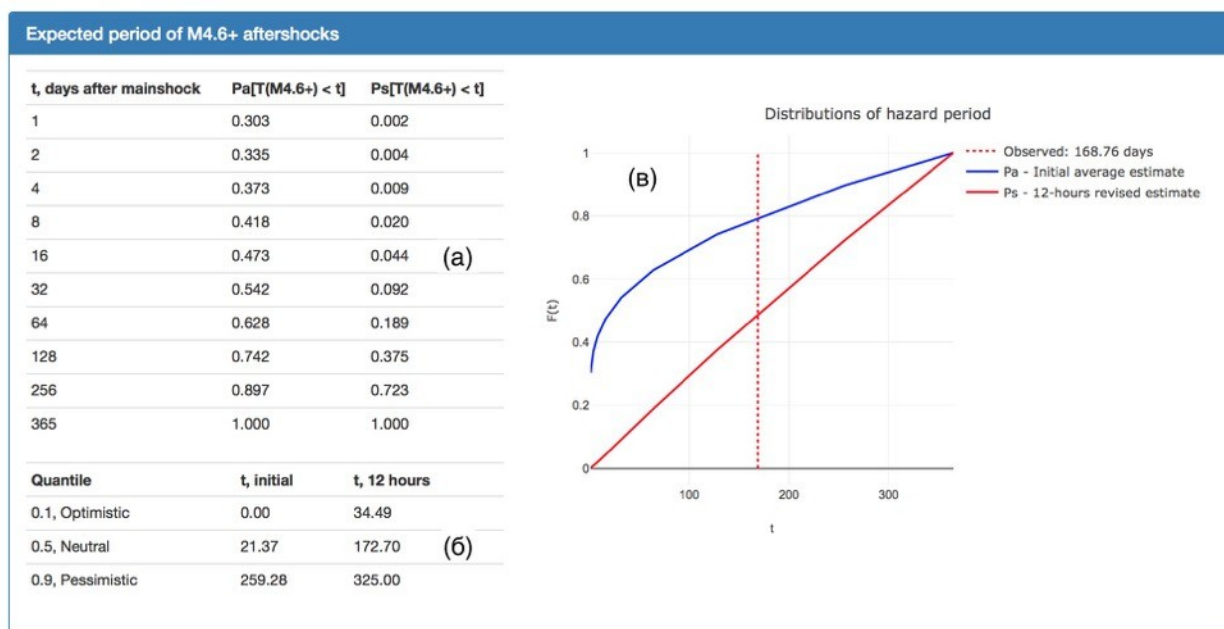


Рис. 7. Фрагмент экрана модуля *tau* системы AFGCAST с оценками длительности опасного периода афтершоков с $M \geq M_m - 2$. (а) – Значения длительности опасного периода в сутках и соответствующие им вероятности непревышения, рассчитанные по усредненной модели (Pa) и модели, оцененной по данным за 12 часов после основного толчка (Ps). (б) – Значение длительностей опасного периода, рассчитанные для вероятностей 10, 50 и 90% по усредненной модели (t, initial) и модели, оцененной по данным за 12 часов после основного толчка. (в) – Интерактивные графики функция распределения длительности опасного периода, рассчитанные по усредненной модели (синяя линия) и по модели, оцененной по данным за 12 часов после основного толчка (красная линия).

Пример работы с системой AFGCAST

В этом разделе приводится пошаговый пример работы пользователя с автоматизированной системой оценки опасности сильных афтершоков AFGCAST

1. Вводим в адресную строку web браузера <https://www.itpz-ran.ru/afcast/> , загружается основной экран системы – модуль основных толчков *index* (Рис. 1).

Везде в системе AFCAST для смены топоосновы (во всех модулях с картами) интерактивной карты нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на элементе в правом верхнем углу карты (Рис. 1г) и выбрать из списка нужный пункт.

2. В левом списке находим основной толчок 6.6 2018-09-05 18:07:59 (при наведении на него курсора мыши, соответствующий эпицентр на карте подсвечивается). Щелкаем по найденному элементу в левом списке или по эпицентру на карте левой кнопкой мыши. В результате откроется карточка события (рис. 2), с краткой информацией о соответствующей серии афтершоков. Из этой карточки осуществляется доступ к оценкам области возникновения сильных афтершоков, магнитуды сильнейшего афтершока и длительности опасного периода.

3. В карточке основного толчка левой кнопкой мыши щелкаем по кнопке Strong Aftershock Area Assesment (Рис. 2в.1). В результате загружается модуль с оценками областей сильных афтершоков (Рис. 3, 4). Для работы с интерактивными графиками (Рис. 3) наводим на них курсор мыши и сверху графика появляется панель инструментов.

4. Под графиками на Рис. 3 расположена таблица с оценками областей афтершоков в виде эллипсов и стадионов, ранжированных согласно «мягкой», «нейтральной» и «жесткой» стратегиям. Области строятся по данным о сейсмичности за 12 ч после основного толчка. Если число представительных событий ($M \geq M_c$) событий меньше 7, то области не рассчитываются. В этом случае показывается только оценка по магнитуде основного толчка в виде круга с центром в его эпицентре. Показ соответствующих стратегиям областей можно включать/отключать с помощью переключателей в колонке On/Off в таблице. Отключать/включать также можно элементы элементов на интерактивной карте при помощи легенды слева (Рис. 4в).

5. В карточке основного толчка левой кнопкой мыши щелкаем по кнопке rM1 Hazard Assesment (Рис. 2в.2). В результате загружается модуль с оценками магнитуды предстоящих сильнейших афтершоков (Рис. 5, 6). Верхняя часть экрана этого модуля такая же, как и в пункте 3.

6. Для просмотра оценок магнитуды сильнейшего афтершока по только по основному толчку используется Рис. 5. Оценка выполняется по динамическому закону Бота. Точками показаны фактические магнитуды сильнейших афтершоков на интервале времени от Starting time до года после основного толчка. Линиями – оценки по динамическому закону бота.

7. Для просмотра оценок магнитуды сильнейшего афтершока по данным об афтершоках, которые уже произошли используется блок информации, показанный на Рис. 6. Интервал времени по, которому выполнялось оценивание, можно задать с помощью выпадающего списка (рис. 6а), щелкнув по нему левой кнопкой мыши. Если число представительных афтершоков на выбранном интервале меньше 5, то оценка по данному интервалу не производится.

8. В карточке основного толчка левой кнопкой мыши щелкаем по кнопке Assesment Hazard Period (Рис. 2в.3). В результате загружается модуль с оценками длительности периода афтершоков с магнитудой M_m-2 (Рис. 7), где M_m – магнитуда основного толчка. Верхняя часть экрана этого модуля такая же, как и в пункте 3. Для просмотра оценок используется Рис. 7. В левой части рисунка показана таблица с вероятностями того, что длительность не превысит t суток после основного толчка. Столбик P_a – вероятности рассчитанные по информации об основном толчка; столбик P_s – вероятности рассчитанные по представительным афтершокам за первые 12 часов после основного толчка.

Если таких афтершоков меньше 5, то показана оценка только по основному толчку. Ниже этой таблицы (рис. 7б) показаны значения длительностей, соответствующие вероятностям непревышения 0.1, 0.5, 0.9.

9. В левой части Рис. 6 показаны интерактивные графики функции распределения из таблицы слева. При наведении курсора мыши на график появляется панель инструментов, для интерактивной работы.