

Библиография

1. Melik-Yolchyan A.G., Chalabov V.G. Earthquakes and other natural disasters short-term prediction. Sankt-Peterburg, 2000.128p.
2. Melik-Yolchyan A.G., Appropriateness of connection of seismic waves, emitted by earthquakes center. IAELPS «Vestnik» №7 (19) 61999, St.-Peterburg.
3. Melik-Elchjan And. Г, Chalabov V. G, the Short-term forecast of earthquakes and other natural accidents. Russia, St.-Petersburg, 2000, 130 p.
4. Melik-Elchjan A.G. Increase of seismic stability of buildings and constructions. Изд. “Айастан”, Yerevan, 1989, with. 317.
5. Мелик-Ёлчян А.Г., Григорян О.Р. Электромагнитная модель механизма возникновения очага землетрясений. «Вестник» Международной Академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, Санкт-Петербург, № 7(19), 2000,
6. Melik-Elchjan A.G. Закономерность связи сейсмических волн, испускаемых очагом землетрясений. «Вестник» Международной Академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, Санкт-Петербург, № 7(31), 2000
7. Melik-Elchjan A.G. The pattern of communication of seismic waves produced by the earthquake source. "Bulletin" of the International Academy of Ecology and Life Safety, St. Petersburg, № 7 (31), 2000

УДК 551.21

КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ОСНОВАНИЯ КАЛЬДЕР СУПЕРВУЛКАНОВ

Мелик – Ёлчян А., профессор, Бельгийское отделение МАНЭБ

Аннотация. В статье исследуется коэффициент трещиноватости основания в кальдере, на примере процесса трещинообразования Йеллоустонского супервулкана, расположенного в Национальном парке Йеллоустон (США, штат Вайоминг), в период времени 1963-2014 гг. и методика прогнозирования времени наступления извержения супервулкана.

В Бельгийском отделении МАНЭБ проводятся исследования сейсмоактивности Йеллоустонского супервулкана, продвижение магмы по вертикальным каналам в кальдере и определены три канала, по которым магма поднимается к поверхности земли. Проведенные исследования развития процессов трещинообразования в кальдере супервулкана за 1963-2014гг. позволили определить, что в настоящее время по всей площади кальдеры супервулкана (около 4000км²) происходит активное трещинообразование, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. В 1963-1970 годах глубина залегания очагов землетрясений находилась на уровнях 33-35 км ниже поверхности земли. На рис.1 указаны координаты и глубина залегания очагов в: 1963 -1970 гг., 2000 – 2007гг.

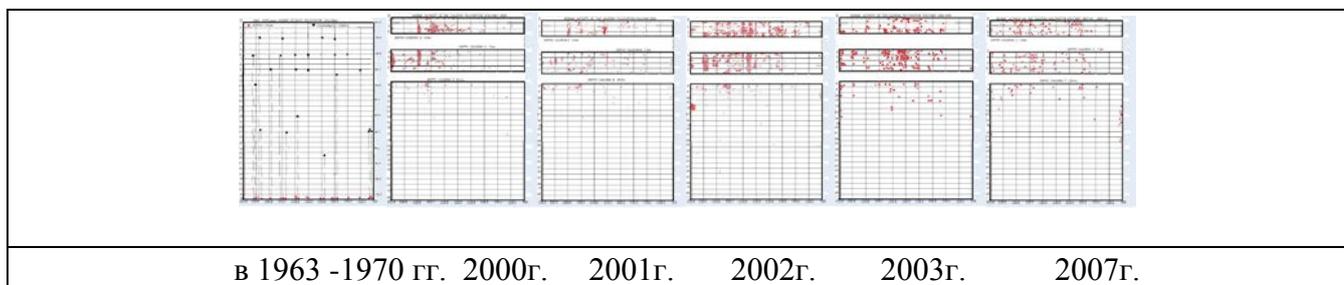


Рис. 1 Координаты и глубина залегания очагов в 1963 -2007 гг. Ромбы (красным)- глубина очага, точки (черным) – координаты очага.

Результаты исследований, проведенных в Бельгийском отделении МАНЭБ, позволяют проследить весь процесс трещинообразования в кальдере супервулкана Йеллоустон от горизонта -35км. ниже поверхности земли в 1963г., до 1-2км. ниже уровня земли в 2014г. В 1963г. магма на всей поверхности кальдеры супервулкана находилась на горизонте 33 - 35км. ниже поверхности земли. За прошедшие 50 лет очаги землетрясений постепенно поднимались к поверхности земли, а расплавленная лава поднималась выше по образовавшимся трещинам, постепенно расплавляя вышележащие слои. В 2000г. начинается процесс трещинообразования на уровне от 3,0 км. до 7,0 км. ниже поверхности земли, а в настоящее время (2014г.) очаги землетрясений приблизились к горизонту 2,0-3,0 км., проникая в первый километр ниже поверхности земли. В приведенных ниже таблицах, показан процесс трещинообразования в кальдере в 2000-2014 годах, где отчетливо видно увеличение активности с 2000г. по октябрь 2014г. Более подробно эти таблицы будут рассмотрены ниже.

Как видно из рис.1 в 2000 и 2001 годах начинается процесс трещинообразования на уровне 3,0-7,0 км. ниже поверхности земли, занимающий в 2002г. объем между меридианами -110,2 и -111,0 градусов, в котором выделяется активная зона между -110,5 и -110,8 градусов и более активизируется в 2002г. между меридианами -110,4 и -110,7 градусов, где трещинообразованием затрагиваются и первые 2-3км. от поверхности земли. В 2002г. процесс трещинообразования происходил на 70% территории всей кальдеры по направлению северо-запад-центр-восток кальдеры супервулкана. Активные зоны трещинообразования находились между меридианами -110,3 и -11,9 градусов, на глубине от 1,0км. до 8,0км. ниже поверхности земли.

В 2000г. очаги землетрясений поднялись на уровень -8,0км ниже уровня поверхности земли. Активное трещинообразование наблюдалось на меридиане -111,0 градусов, а в широтном направлении имело протяженность до 2,0км. в направлении востока. Вторая активная зона трещинообразования находилась между меридианами -110,8 и -110,4 градусами. Между меридианами -110,8 и -110,6 градусов наблюдалось активное трещинообразование от землетрясений с очагами на глубинах от -1,5км до -6,0км ниже поверхности земли и имели протяженность порядка 2,0 км на меридиане -110,8 градусов и порядка 5,0-6,0 км ,протяженностью на восток между меридианами -110,4 и -110,7 градусов. На уровнях от -1,0км до -3,0 км (ниже уровня земли) активное трещинообразование наблюдалось между меридианами -110,6 и -110,8 градусов. На меридиане -110,8 градусов проявляется начало образования вертикального канала.

В 2001г. очаги землетрясений распределялись равномерно по всей поверхности кальдеры между меридианами -110,3 и -110,8 градусов на глубинах от 0,0 км. до -8,0 км. ниже уровня земли. Очаги землетрясений 2001г. занимают места восточнее очагов 2000г. и активно появляются по всей площади кальдеры в первых трех километрах ниже уровня земли. Активное трещинообразование находилось между меридианами -110,5 и -110,8 градусов на глубине от 0,0 км. до -3,0 км. в тех областях, которые не были затронуты в 2000г. Вертикальный канал, на меридиане -110,8 градусов начинает развиваться в горизонтальном направлении на восток.

В 2002г. в кальдере супервулкана произошло 775 землетрясений ,очаги которых равномерно распределены по всей площади кальдеры между -110,3 и -110,9 градусами. Четко просматривается активное трещинообразование в двух вертикальных каналах , по которым поднимается магма: -110,8 и -110,9 градусов и -110,5 и -110,6 градусов идет формирование двух вертикальных каналов, которые приближаются к поверхности земли (рис.2).

В 2003г. продолжается процесс трещинообразования с продвижением в направлении с запада на восток, занимая объём между меридианами -110,2 и -110,7 градусов и повышением уровня активности до -7,0 км. ниже поверхности земли. Активная зона трещинообразования перемещается в область между меридианами -110,4 и -110,7 градусов, с более высокой концентрацией на уровне от -5,0 км до -3,0 км ниже поверхности земли.

С 2004г., активность Йеллоустонского супервулкана резко возросла. Исследования показывают, что происходит расширение площади подземного основания. Сейчас оно составляет порядка 1200 кв. км на глубине порядка десяти километров, что совпадает с магменной полостью, обнаруженной посредством сейсмических измерений учеными США.

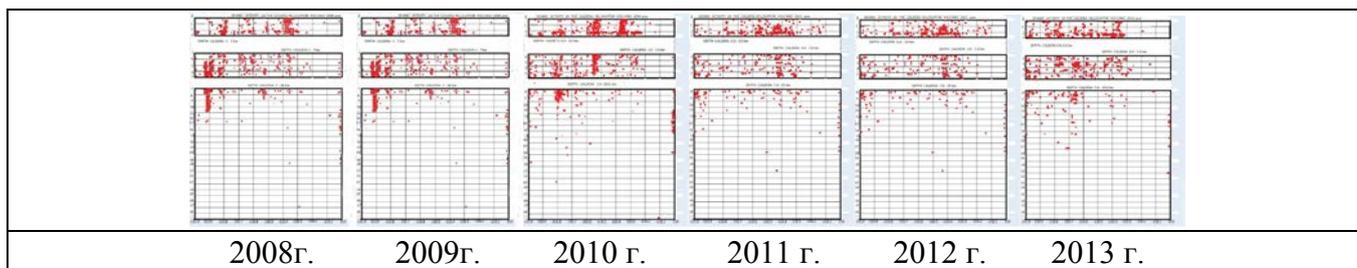


Рис.2 Процесс трещинообразования в кальдере в 2008 – 2013 гг.

Объём горячего вещества в основании супервулкана увеличивается со скоростью около 0,1 куб. км в год. Одновременно в полости растёт давление. На сегодня это проявляется образованием новых гейзеров. Когда давление достигнет критического, сказать не может никто.

Рассмотрим процесс трещинообразования, происходивший с 2007г. в кальдере супервулкана Йеллоустона. В 2007г. (рис.1) активность процесса трещинообразования спадает и занимает всю область между -110,2 и -111,0 градусами, и распределяется равномерно по всей площади кальдеры на уровне 0,0км. до -7,0 км. ниже поверхности земли, в тех точках площади кальдеры (рис.2), где они отсутствовали до этого. Активность локальных землетрясений, вызванных температурой и давлением, которые вызывают отрыв блоков гранитного основания с погружением в магму для дальнейшего плавления, повышается между меридианами -110,3 и -110,4 градусами и -110,6 и -110,7 градусами, на горизонтах от 1,0км. до 7,0 км. ниже нулевого уровня поверхности земли.

В 2008г. (рис.2) на площади кальдеры произошло 780 землетрясений. Как видно из рис.2, процесс развития трещинообразования, в 2008г., активно проявляет себя на площади между меридианами -108,7 и -109,35 градусов и активно проявляется на глубинах от 3,0км до 11,0км. ниже уровня земли и второй канал между меридианами -110,3 и 110,4 градусами, на глубине от 0,0 км (уровень поверхности земли) до -3,0 км ниже поверхности земли.

В 2009 году группа ученых во главе с профессором-геофизиком Робертом Смитом провела серию сейсмических измерений. Тогда в их докладе упоминалась цифра 240 километров: именно такова, по мнению ученых, была протяженность плюма – мантийной струи, поднимающейся из недр Земли к поверхности. Новейшие исследования Смита и его команды заставили внести серьезные коррективы. Объем плюма оказался в несколько раз больше, чем считалось раньше. Сейчас результаты таковы: плюм залегает на глубине до 660 километров под углом 40 градусов в направлении с востока на запад. В 2009г. (рис.2) процесс трещинообразования продолжается и затрагивает две области между меридианами -110,3 и -110,4 градусов и -110,5 и -110,6 градусами, на глубинах от 0,0 км (поверхности земли) до -3,0 км (ниже поверхности земли).

В 2010г.(рис.2) процесс трещинообразования продолжает движение в направлении на запад кальдеры, где формируется новый вертикальный канал между меридианами -110,9 и -111,0 градусами, начиная с глубины -14,0км. до 2,0км ниже уровня поверхности земли.

В 2011г.(рис.2) активное трещинообразование перемещается на восток кальдеры, где наибольшая активность наблюдается между меридианами -110,4 и -110,5 градусами, на глубинах -1,0 км до -3,0 км, где на уровне третьего километра ниже уровня земли происходит соединение двух образующихся вертикальных каналов приведенных на рис.11.

В 2012г. (рис.2) произошло 435 землетрясений в западной части кальдеры, на протяженности 70 км и на глубинах от -7,0 км ниже поверхности земли до -0,0 км –поверхности земли. Наблюдается активное трещинообразование на 70% площади кальдеры, в тех зонах, которые остались незатронутыми до этого.

В 2013г. (рис.2)произошло более 700 землетрясений между меридианами -110,3 и -111,0 градусов, основная часть которых пришлось на формирование вертикального канала между меридианами -110,7 и -110,85 градусами, на глубинах от -8,0 км, протяженностью до 15,0

км с резким переходом на глубине 2,0 км ниже поверхности земли с протяженностью 4,0-5,0 км. Прослеживается нарастание процесса трещинообразования в центральной части кальдеры, где образуется третий вертикальный канал между -110,4 и 110,55 градусов с выходом на нулевую поверхность. Этот канал продолжает своё развитие в 2014г. с большей концентрацией на уровнях от 3,0км. до 8,0 км. ниже поверхности земли

В 2014г.,(Рис.17) к уже сформировавшимся вертикальным каналам добавляется третий канал протяженностью до 5,0км. Наиболее активная зона канала имеет протяженность около 10,0км. и располагается между меридианами -110,65 -108,0 градусов. Этот канал подвергается расплаву основания на глубине 1,0-10,0 ниже поверхности земли.

Процесс трещинообразования в кальдере, по месяцам в 2014г. (в 01.2014-06.2014 году), приведен на рис.18. В приведенных таблицах прослеживается процесс образования вертикального канала, протяженностью 20,0км. и глубиной от 1,0км. до 9,0км, между меридианами -110,6 и -110,8 градусами. В широтном направлении вертикальный канал, находящийся между -110,65 и -110,8 меридианами имеет протяженность около 20,0км. на глубине от 2,0-х км, от поверхности земли , а на глубине одного километра от поверхности земли ,протяженность его составляет 3,0-5,0км .

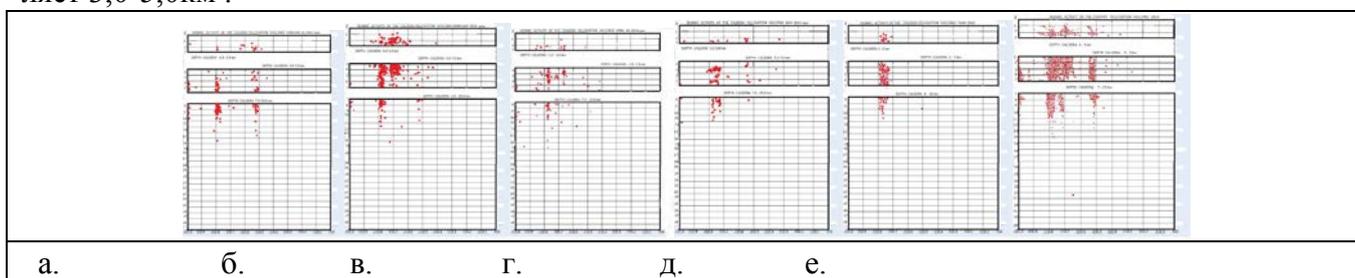


Рис.3. Процесс трещинообразования в кальдере , в разные месяцы 2014 г. [в январе – а., марте - б, апреле –в., мае – г., июне – д., е. – (01 – 06)2014г.].

В июне 2014г. (рис. 3) все очаги землетрясений сосредоточены между меридианами -110,7 и -110,8 градусов, образуя вертикальный канал на глубине от -8км до -2км. Сравнивая таблицы, произошедших по месяцам в 2014г. заметим ,что активно образуется вертикальный канал на уровнях от -8,0 км. до -1,0 км. от поверхности земли. Все активные очаги в июне 2014г. сосредоточены между меридианами -110,7 и -110,8 градусов и расположены на глубинах 1,5-8,0 км., от поверхности земли они имеют протяженность около 25,0км. В июле 2014г. почти все очаги расположены по вертикали между -110,7 и -110,8 градусами и сконцентрированы на на глубинах 7,5-10,0км., т.е. там, где они отсутствовали в июне 2014г. Исследуя таким образом, по годам и по месяцам период 1963-20014гг. мы получили всю картину процесса трещинообразования в кальдере по глубине развития процесса , с 35км ниже поверхности земли, до нулевого уровня (0,0 км.), за последние 51 год.

Коэффициент трещиноватости $K_{тр}$ первых трёх километров ниже уровня поверхности в кальдере супервулкана Йеллоустона, может служить показателем уровня опасности и указывает на время возможного извержения (взрыва) кальдеры супервулкана. Исследования процесса трещинообразования, которое происходит при повышении температуры и давления от заполняющейся магмой новообразованных трещин показали, что основные каналы кальдеры, которые формируются в настоящее время, поднимаются вверх и уже захватывают первые 1.0-3.0 км. от поверхности земли. А эта величина является тем пределом, при котором любое землетрясение с магнитудой выше средней, может привести к лавинно-нарастающему трещинообразованию (ЛНТ), в результате чего произойдёт образование магистральной трещины, которая приведет к извержению супервулкана Йеллоустон.

Результаты исследований показывают, что в настоящее время происходит активное трещинообразование на уровне 1,0-3,0 км. от поверхности земли, а это уже является почти критическим состоянием в кальдере Йеллоустонского супервулкана и взрыва кальдеры можно ожи-

дать в ближайшие годы, если не произойдет сильное землетрясение. Если за этот период времени, на площади кальдеры порядка 4000 км^2 , произойдет сильное землетрясение, достаточное для образования трещины, это приведет к лавинообразному объединению микротрещин в одну магистральную трещину (МТ), согласно теории лавинно-нарастающего трещинообразования (ЛНТ) и к взрыву кальдеры – извержению супервулкана Йеллоустон. Вначале извержение может произойти по вертикальным каналам, которые также объединятся в один и вся территория США, Канады и т.д. покроется вулканическим пеплом.

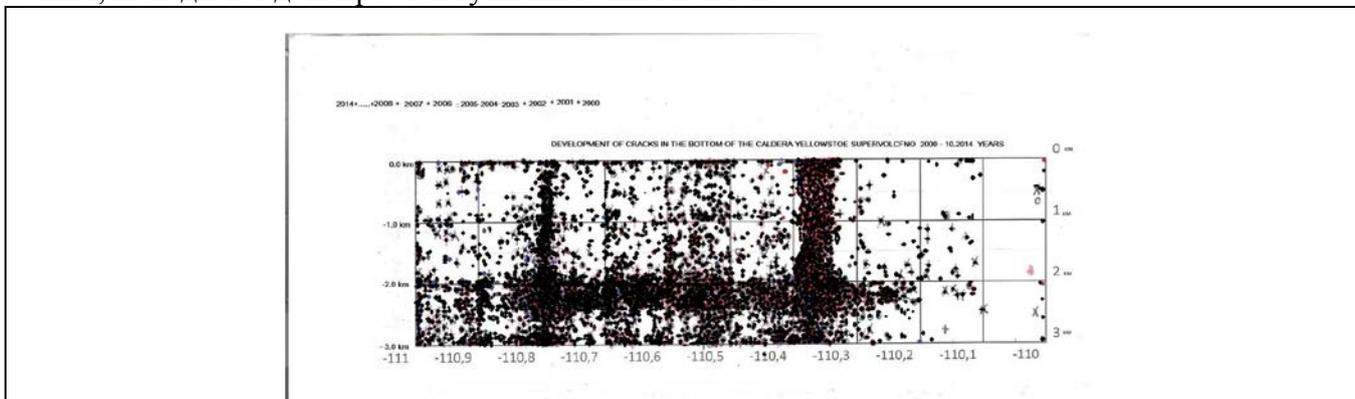


Рис.4 Степень трещиноватости основания кальдеры на глубинах 0,0 - 3,0 км.

Из приведенных исследований развития трещиноватости, определим коэффициент трещиноватости $K_{тр}$ основания кальдеры, первых трёх километров ниже уровня поверхности в кальдере супервулкана Йеллоустона. Коэффициент трещиноватости, исследуемого слоя составляет: $K_{тр} = V_{тр} / V_{сл} = 0,67$, где: $V_{тр}$ - объем, трещиноватости исследуемого слоя; $V_{сл}$ – объем исследуемого слоя.

Коэффициент трещиноватости исследуемого слоя составляет $K_{тр} = 0,67$, что указывает на высокий уровень опасности и приближении момента времени извержения (взрыва) в кальдере супервулкана. Наличие двух готовых вертикальных каналов между $-110,3$ и $-110,4$ градусов; $-110,8$ градусов, а также почти готового вертикального канала между $-110,5$ и $-110,6$ градусами (рис.4) еще больше приближает момент времени извержения (взрыва) в кальдере супервулкана. Как видно из рис.4, на глубине первых трёх километров ниже уровня земли, в настоящее время идет активное трещинообразование, которое практически развилось на глубине 2,0-3,0 км., протяженностью 70,0 – 80,0 километров, в горизонтальном направлении между меридианами $-110,2$ и $-111,0$ градусов и четко выделяются вертикальные каналы, готовые для продвижения магмы в вертикальном направлении: на меридиане $-110,8$ градусов; между $-110,5$ и $-110,6$ градусов, а также между $-110,3$ и $-110,4$ градусами ..

По приведенным выше таблицам мы получим полную картину трещиноватости в основании кальдеры супервулкана Йеллоустон до 2015 г. и сможем спрогнозировать время извержения.

Ниже приводится таблица прогнозов некоторых землетрясений, которые могут произойти в кальдере и прилегающих регионах, по одному месяцу на произвольно выбранные (из 2015 – 2049) годы. Эти и другие землетрясения могут стать «спусковым крючком» для будущего извержения супервулкана. Для этого необходимо рассчитать только магнитуду будущих землетрясений.

Взрыв кальдеры супервулкана Йеллоустон, спровоцирует активность в тектоническом разломе Сан-Андреас, в Калифорнии и цунами, которые в свою очередь, дойдут до Дальнего Востока России и Японии.

Для определения времени взрыва кальдеры – извержения супервулкана Йеллоустона и других, необходимо учитывать будущие возможные землетрясения на площади кальдеры, которые могут оказаться «спусковым крючком». В БО МАНЭБ проводятся работы по определению возможного взрыва кальдеры с учетом спрогнозированных будущих землетрясений и тре-

щиватости основания кальдеры, растущей во времени от нарастающего оплавления основания.

Таблица 1

Прогноз некоторых землетрясений в кальдере супервулкана
Йеллоустона на 2015 - 2048 гг.

Прогноз	Дата	Страна	широта	долгота	М	час
Predicted	2015.09.17	USA	44	-111	-	2-3
Predicted	2024.02.01.	USA	44	-110	-	2-3.
Predicted	2027.04.21.	USA	44	-111	-	3-4.
Predicted	2032.08.12.	USA	44	-110	-	2-3.
Predicted	2036.03.14.	USA	44,25	-110,5	-	3-4.
Predicted	2038.06.04.	USA	44,25	-111	-	9-10.
Predicted	2041.08.31.	USA	44,5	-111,5	-	2-3.
Predicted	2043.02.01.	USA	44	-110,5	-	2-3.
Predicted	2048.01.26.	USA	44	-110	-	9-10.

В табл. 1 приведены некоторые из будущих землетрясений в кальдере супервулкана Йеллоустон. Рассчитанные параметры всех будущих землетрясений, в кальдере и прилегающих регионах, не зависящих от внутреннего состояния основания кальдеры на 2015-2050 годы, находятся в БО МАНЭБ. Совместное исследование выше приведенного метода с методом «Краткосрочный прогноз землетрясений» позволяет спрогнозировать время извержения (взрыва) супервулканов и, в частности, Йеллоустона, с указанием года, месяца и дня, по методу «Краткосрочный прогноз землетрясений» [1-9].

Библиография

1. Мелик-Ёлчян А.Г., Краткосрочный прогноз землетрясений. Санкт-Петербург, «Вестник МАНЭБ», №3(15), 1999.
2. Мелик-Ёлчян А.Г., Чалабов В.Г. Краткосрочный прогноз землетрясений и других природных катастроф. Санкт-Петербург, 2000, 135, Изд. «Артагерс».
3. Мелик-Ёлчян А.Г., Повышение сейсмостойкости зданий и сооружений. Армения, Ереван, изд. «Айастан», 1989, 319.
4. Melik-Yolchyan A., Chalabon V. Earthquakes and other natural disasters short-term prediction/ Sankt-Petersburg. 2000, 135, «Artagers».
5. Мелик-Ёлчян А. Григорян О. Электромагнитная модель механизма возникновения очага землетрясений. Санкт-Петербург, «Вестник МАНЭБ», №7(31), 2000.
6. Мелик-Ёлчян А. Григорян О. Электромагнитная модель механизма развития очага землетрясений. Санкт-Петербург, «Вестник МАНЭБ», №7(31), 2000.
7. Ю.Б.Слезин Природа и механизм резких изменений режима вулканических извержений <http://www.km.ru/referats/F84297D42F514753936B7B1B19E8B8C3>
8. Russian-Club.net in Japan. blog, Alexandr Melik-Yolchyan. 2012.
9. Earthquakes in Japan for 2012 year: May- December in 2012 years. Blog.

Abstract. The paper investigates the fracture rate base in the caldera, the example of the process of cracking Yellowstone supervolcano, located in Yellowstone National Park (USA, Wyoming), in the period 1963-2014 gg. and methods of predicting the time of occurrence supervolcano eruption.