АНАЛИЗ АНОМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

Юсупов Шухрат Сакиджанович, Шин Людмила Юревна, Мажлимов Фаррух Бахтиёрович.

Ташкентский государственый технический университет им. Ислама Каримова, Ташкентская медицинская академия. Shuhrat-1951@mail.ru

Аннотация. По своим разрушительным последствиям, количеству жертв, материальному ущербу и деструктивному воздействию на среду обитания человека землетрясения занимают одно из первых мест среди других видов природных катастроф. В данной статье приводятся результаты многолетних исследований по наблюдениям за гидрогеосейсмологическими (ГГС) параметрами подземных вод сейсмоактивных районов Узбекистана. Для оценки информативности рассматриваемых предвестников данные об их проявлении по различным видам наблюдений были систематизированы и выполнен анализ связи между числом предвестников, временем их проявления и параметрами землетрясений: магнитудой M и величиной M/lgR. Анализ огромного количества материала за 40-45 лет дал свои результаты по прогнозированию сильных землетрясений. Большинство из наблюдаемых параметров гидрогеологических полей следует рассматривать как кратко- и среднесрочные предвестники и все они являются полезными. Результаты дают возможность более детально изучить природу гидрогеохимических возмущений в недрах земли, которые вероятно, обусловлены интенсивным развитием упругих напряжений и соответствующих деформаций горных пород.

Ключевые слова: гидрогеосейсмология, аномалия, предвестники, геолого-тектонические условия, информативность, фоновое значение.

Annotation. In terms of their destructive consequences, the number of victims, material damage and destructive effects on the human environment, earthquakes occupy one of the first places among other types of natural disasters. This article presents the results of many years of research on observations of hydrogeoseismological (HGS) parameters of groundwater in seismically active regions of Uzbekistan. To assess the information content of the precursors under consideration, data on their manifestation for various types of observations were systematized and an analysis of the relationship between the number of precursors,

ISSN 3030-3907

the time of their manifestation and earthquake parameters: magnitude M and value M/lgR was performed. Analysis of a huge amount of material over 40-45 years has yielded results in predicting strong earthquakes. Most of the observed parameters of hydrogeological fields should be considered as short- and medium-term harbingers and all of them are useful. The results make it possible to study in more detail the nature of hydrogeochemical disturbances in the bowels of the earth, which are likely due to the intensive development of elastic stresses and corresponding deformations of rocks.

Key words: hydrogeoseismology, anomaly, precursors, geological-tectonic conditions, information content, background value.

Annatasiya. O`zining fojiali natijalari tufayli, talofatlar miqdori, moddiy zarari, va destruktiv tasiri insonning yashash sharoitiga zilzila tabiiy ofatlar qatorida oldingi qatorda turadi. Maqolada keltirilgan yrosti suvlarining gidrogeoseysmologik parametrlarining O`zbekistonning seysmofaol xududlaridagi ko`pyillik kuzatuvlari ustidagi izlanishlari natijalari keltirilgan. Darakchilar ma`lumotlarning informativligi baholash uchun xarxil turdagi kuzatuvlar sistemalashtirib va darakchilar soni bilan solishtirgan xolda tahlilni amalga oshirib ularuning sodir bo`lish vaqti va zilzila parametrlari M va M/lgR kattaliklari orasidagi bog`lanish aniqlandi. 40-45 yillik katta miqdordagi ma`lumotlarning kuchli zilzilarning prognozi natijalari o`z natijalarini berdi. Gidrogeologik maydonlarning tabiatini o`rganish o`rta va qisqa muddatli darakchilari sifatida qarashga va ularning foadali ekanligiga lshora qiladi. Natijalar gidgeologik maydonlar tabiatini chuqurroq o`rganishga va yr qaridagi g`alayonlarni tegishli tog` jinslarigagi deformasiyalari, qattiq kuchlanishlarning intensiv rivojlanishi tufayli ekanligi ma`lum do`ldi.

Kalit so`zlar: Gidrogeoseysmologiya, anomaliya, darakchilar, geologiya-tektonik sharoit, informativlik, fon qiymati.

ВВЕДЕНИЕ

Многие годы наблюдений человека за планетой, на которой он живет, привели к Норматова Н.Р. мысли о том, что Земля – не мертвое, бездушное тело, а живой, развивающийся по своим законам, сложнейший организм. Незнание или игнорирование этих законов может привести к бунту "неживой" природы против человека и человечества. Причина катастрофических явлений во многих случаях – проявление той внутренней жизни нашей планеты, которая еще не до конца познана наукой.

По своим разрушительным последствиям, количеству жертв, материальному ущербу и деструктивному воздействию на среду обитания

ISSN 3030-3907

человека землетрясения занимают одно из первых мест среди других видов природных катастроф. Внезапность возникновения землетрясений еще больше усугубляет их разрушительные последствия. Разрушения и гибель людей вызываются не только собственно вибрациями грунта, но и различными вторичными природными явлениями, которые могут активизироваться в результате землетрясения (крип, оползни, обвалы, снежные лавины, разжижение грунта и др.).

По образному выражению академика Б.Б. Голицына: «Можно уподобить всякое землетрясение фонарю, который зажигается на короткое время и освещает нам внутренность Земли, позволяя тем самым рассмотреть то, что там происходит». Эти слова были сказаны им еще в самом начале 20-го века. Благодаря трудам Б.Б. Голицына наука о землетрясениях из описательной и во многом гипотетической, превратилась в строгую научную дисциплину.

Проблема прогноза землетрясений интересовала человечество со времен его появления. В течение столетий землетрясения и их предсказание были окружены многими легендами. Аристотель размышлял о землетрясениях, как о результате деятельности воздуха и паров в пещерах и др. Впервые научную и вполне обоснованную точку зрения о причинах землетрясения высказал в 1757 году М.В. Ломоносов. В своей речи “о рождении металлов от трясения Земли” он разделил землетрясения на 4 типа, причем, впервые были установлены волнообразные колебания, распространяющиеся в коре, и нечувствительные трясения, незаметные для ощущения. Эдуард Зюсс высказал учение о связи землетрясения с тектоническими процессами. Таким образом, проблемы прогноза землетрясений интересовала человечество многие века. Прогноз землетрясений – сложная научная проблема и благородная цель сейсмологии.

Земные недра никогда не бывают спокойны. Процессы, в них происходящие, вызывают движения земной коры. Под их воздействием поверхность планеты деформируется: она поднимется и опускается, растягивается и сжимается, на ней образуются гигантские трещины. Густая сеть трещин (разломов) покрывает всю Землю, разбивая ее на большие и малые участки - блоки.

Прогноз землетрясений облегчается еще и тем, что лавинообразное образование трещин происходит исключительно на сейсмогенных разломах, где они уже неоднократно происходили ранее.

ISSN 3030-3907

Под прогнозом землетрясений понимают определение места, времени и силы (магнитуды) землетрясения. По времени прогноз подразделяется на долгосрочный (на десятилетия вперед), среднесрочный (до года вперед), краткосрочный (на дни до месяца вперед) и оперативный (на минуты–часы вперед).

Начало широкомасштабных исследований по проблеме прогноза землетрясений относится к середине 50-х годов XX века. Значительными вехами в изучении физики очага и выявлении прогностических признаков (эмиссия радона, деформации земной поверхности и др.) стали результаты исследований природы разрушительного Ташкентского землетрясения 1966 г. и первый Международный симпозиум по прогнозу землетрясений, состоявшийся в Ташкенте в 1974 г. под эгидой Международной Ассоциации по Сейсмологии и Физике Недр Земли (МАСФНЗ) [1-4] и.т.д.].

После ряда разрушительных землетрясений во многих странах мира - в Японии, США, КНР и в те годы еще не распавшемся СССР в первую очередь начались организационные работы по прогнозу землетрясений

Предвестники землетрясений. Те характеристики Земли, значения которых регулярно изменяются перед землетрясениями, называют предвестниками, а сами отклонения от нормальных значений – аномалиями [5].

К настоящему времени во всем мире насчитывается несколько сотен различных по своей природе предвестников землетрясений. Геофизические предвестники делятся на сейсмические, гидрогеодинамические, деформационные, геохимические, термические, гравитационные, геомагнитные, электромагнитные и т.д. [6]. Одним из возможных выходов из ситуации является совместное использование нескольких прогностических признаков. Поэтому их комплексное использование позволит повысить надежность и эффективность прогнозных оценок. Практика последних лет показала оправданность такого подхода, по крайней мере, для среднесрочного (до 1 года) прогноза [7].

По историческим данным из Японии многочисленным сильным землетрясениям предшествовали внезапные падение уровней подземных вод в скважинах, а также внезапные уменьшения или возрастания дебитов подземных источников [8]. Например, в Японии зарегистрировано 200 случаев необычных флуктуаций уровней подземных вод до 40 ощутимых

ISSN 3030-3907

землетрясений в период с мая 1975 г. по январь 1978 г. в Илу-Ошима. На эпицентральных расстояниях до 50 км амплитуды упомянутых аномалий были очень большими, многие скважины на эпицентральных расстояниях 50-100 км показывали внушительные предвестниковые аномалии [9].

Прогнозные работы в КНР были развернуты с необычайной широтой. Здесь было создано Центральное сейсмологическое бюро и провинциальные центры, куда должны были регулярно поступать сведения о всякого рода аномалиях в природе. Работа началась, опыт копился, несколько раз довольно удачно сейсмологи указывали места и примерное время землетрясений. И первая грандиозная удача о которой китайские сейсмологи подробно рассказали в 1976 году на Межправительственном совещании ЮНЕСКО – это предсказанное за несколько часов землетрясение 1975 года в городе Хайчен.

Анализированы результаты эмпирического соотношения между временами возникновения и местоположениями аномальных изменений уровней подземных вод, наблюденных перед Хайченским землетрясением; использованы данные 200 пунктов регистрации. Аномалии существовали с 10 октября 1974 года по 13 февраля 1975 года, на эпицентральных расстояниях 0-230 км. [10].

В 1966 г. во время подготовки и свершения Ташкентского землетрясения были зафиксированы изменения химических, газовых, изотопных и геофизических параметров, особенно растворенный газ радон в подземных водах. В результате, впервые в мире, выявлена научно-обоснованная закономерность изменения параметров подземных вод в связи с проявлением подготовки и свершения сильных землетрясений. И в 1967 году в Государственном комитете по делам открытий и изобретений бывшего СССР было зарегистрировано научное открытие под номером №129.

Можно сказать, что именно Ташкентское землетрясение стало точкой отсчета начало исследований по поиску Гидрогеосейсмологических предвестников землетрясений и особенностей их проявлений в Узбекистане. Изучались предвестники землетрясений по наблюдениям медленных наклонов земной поверхности [11] и др. Узбекскими сейсмологами получены первые результаты по прогнозированию подземных толчков, основанные на данных о вариациях инертного газа радона в термоминеральной воде Приташкентского артезианского бассейна [12,13].

ISSN 3030-3907

Объектом наблюдения теперь стали подземные воды, а параметрами изучения являются: Rn, CO_2, CH_4, Ar, O_2, N_2, H_2, He и др. газы; из химических элементов: K^-, F^-, CI^-, B^-, Ca^{2+}, Hg и др.; из геофизических параметров подземных вод: уровень и расход, давление, температура воды; соотношении изотопов элементов ($\delta^{13}C$, $^{40}Ar/^{36}Ar$, $^{3}He/^{4}He$, δD, $\delta^{18}O$) и др.. Научный анализ и систематизирование аномальных проявлений всех вышеперечисленных параметров в комплексе во время подготовки и свершения землетрясения на основе современного научного метода – это был новый подход в прогнозе землетрясений. Таким образом, в прогнозировании землетрясений геохимия подземных вод заняла свое место и вскоре была признана в мировом масштабе. Параметры подземных вод, тесно связанные с процессами подготовки, свершения и периодом после совершения землетрясений, такие как гидрогеодинамический режим, физико-химические, газовые и, в том числе, изотопные играют важную роль в выявлении закономерностей проявления предвестников землетрясений и прогнозе сейсмических событий выводя гидрогеосейсмологический (ГГС) метод на решающие позиции. Результаты не заставили долго ждать. В 1975 году после успешного прогнозирования Китайскими учеными Хайченское землетрясение (M=7,3) (основными предвестниками были ГГС параметры), в 1978 году узбекскими учеными спрогнозировано Алайское землетрясение с точностью до 6 часов. После этих событий предсказано ещё несколько сильных землетрясений. Нововыявленный метод (ГГС) демонстрировал себя один из надежных среди других методов в средне- и краткосрочном прогнозах сильных землетрясений.

Основная цель – определить аномальные отклонения от фоновых значений предвестников в период режимных наблюдений, разработать методические рекомендации по ГГС исследованиях и их применение в практике прогноза землетрясений не только в Узбекистане, но и во всех Центрально-азиатских Сейсмологических учреждениях. Так, в 1978 году в Узбекистане впервые в мире создана Опытно-методическая партия по поиску предвестников землетрясений (КОМППЗ), с 1983 года переименована Комплексная экспедиция по поиску предвестников землетрясений (КОМЭПЗ). Создана сеть прогностических станций в различных по сейсмологическим и гидрогеологическим признакам регионах Узбекистана.

ISSN 3030-3907



Многолетние наблюдения за предвестниками землетрясений с 1973 годов дали возможность в создании банка данных, который охватывает почти 45 летний период. Это результаты режимных наблюдений за ГГС параметрами подземных вод и геомагнитными параметрами Земли. Получены уникальные результаты по прогнозированию сильных землетрясений. Выявлен ряд особенностей и закономерностей поведения ГГС параметров подземных вод, предшествующий и сопутствующий землетрясению. Эти работы оформлены в виде монографий, отчетов, диссертаций, статей и тезисов научных конференции различного ранга [14-16].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Статистическая обработка экспериментального материала за 1976-2014 гг. позволила определить средние значения CO_2, соответственно, для подземных вод всех источников и скважин, которые были под наблюдением. При ретроспективном анализе эти средние значения распространены на весь цикл наблюдений. Там же, на графиках проведены линии среднеквадратичного отклонения, позволяющие более точно получить цифровые значения для T, τ и, соответственно, оценить величину m.

Оценивая полученные расчеты можно считать, что результаты по данным 56% - 86% предсказанных землетрясений, при сравнительно небольшом времени тревог от 15,9% до 27%, подтверждены высоким значением значимости $\Phi(\xi) = 0{,}996$, рассчитанным m/n и τ/T, содержат в себе

ISSN 3030-3907

некоторые подгонки, свойственные ретроспективному анализу. Правда, в нашем случае варьирование величин, входящих в m/n, **τ** /T, q не очень сильно изменяет значения, приведенные в таблице, даже в пределах 10-15% в сторону ухудшения. Это позволяет считать их верхним пределом ретроспективного прогноза. При этом наиболее удовлетворительным следует признать результат оценки информативности данного предвестника. Поэтому, даже во всех случаях намеренного ухудшения значений, входящих в m/n, τ/T, величина q всегда больше 0,1, что дает основание считать данный предвестник полезным.

К настоящему времени для каждого гидрогеосейсмологического объекта определены наиболее информативные гидрогеосейсмологические параметры.

Для Ташкентского и Ферганского геодинамических полигонов информативными себя зарекомендовали - показатели среды: Eh, pH; растворенные газы: H_2, He, Rn, CO_2, , O_2, N_2, изотопные: $\delta^{13}C$; химические: HCO_3^-; и температура воды [20,21, 23].

Большинство из наблюдаемых параметров гидрогеологических полей следует рассматривать как кратко- и среднесрочные предвестники. С нашей точки зрения, к наиболее характерным краткосрочным признакам можно отнести аномальные проявления со сменой знака таких параметров, как уровень подземных вод, величину Eh, появление таких газов как H_2, He, O_2, CO_2, Rn.

До- ко- и постсейсмичечкие осбенности предвестников. Теперь проведем некоторый сравнительный количественный анализ по поводу поведения предвестника по водопунктам и за весь период наблюдений. Естественно используем все землетрясения, произошедшие за этот период с M/lgR ≥2,5 [17, 18]. Для наглядности берем один из самых известных предвестников – растворенный углекислый газ в подземных водах. В анализе участвуют все аномальные проявления не зависимо от их отношения к произошедшему землетрясению. В таблице 2 представлены результаты статистического анализа CO_2 за весь период наблюдений водопунктов восточного и южного Узбекистана.

По результатам статанализа (табл. 2) наблюдались 173 аномальных проявления за весь период наблюдения по всем наблюдательным пунктам. В

ISSN 3030-3907

125 случаев параметр CO_2 откликнулся на произошедшие землетрясения. В 69 случаев он откликнулся перед свершением землетрясений, в 25 случаев сопутствовал к сейсмическому событию, а 31 раза он проявился после землетрясения. Анализ простой статистической обработки приводит к мысли, что 72% от общего числа аномальных вариаций углекислого газа отреагировало сейсмическим событиям, из них 94 случай (54% от общего количества аномалий) можно было спрогнозировать землетрясения в среднесрочном плане.

Таблица 2.

Результаты статистического анализа аномальных вариаций параметра CO_2 в подземных водах Узбекистана

	По всем пунктам	Чартак	Наманган	БИЙ	Ходжабад	Оздобош	Чаткал	Текстиль	Минора	Назарбек	ДАН	ИБК	Чимион	Шурчи Скв. 5	Шурчи Скв. 7	Шурчи Скв. 8
Кол. аном., до земний (**ДО**)	**69**	14	12	3	4	1	1	1	1	1	1	-	6	10	5	8
Кол. аном., посл. зем-ний (**ПОСТ**)	**31**	6	6	4	-	1	-	2	-	1	-	1	2	2	4	2
Кол. аном., во вр.	**25**	9	-	3	1	-	-	2	-	1	-	-	-	4	2	3

ISSN 3030-3907

зем-ний (**КО-**)																
Аном. есть, землетр. нет	**48**	14	5	10	2	-	-	2	-	-	-	-	4	4	3	4
Итого:	**173**	**43**	**23**	**20**	**7**	**2**	**1**	**7**	**1**	**4**	**1**	**1**	**12**	**20**	**14**	**17**

То, что в 48 (28%) случаев аномальных вариаций не сопровождались землетрясением, это не очень-то плохо. Во время формирования этих аномалий в недрах земли действительно происходили геодинамические процессы, которые привели к геохимическим преобразованиям, что и мы зафиксировали. Это значит - соответствующие деформационные процессы были, но землетрясения не произошли.

Эти результаты дают нам возможность более детально изучить природу гидрогеохимических возмущений в недрах земли, которые вероятно, обусловлены интенсивным развитием упругих напряжений и соответствующих деформаций горных пород. Генерация упругих волн в периоды до-, ко- и постсейсмических событий возможно облегчает поступление или исчезновение в водоносном горизонте того или иного элемента (углекислого газа) из водосодержащих пород. Эти вопросы будут рассматриваться в дальнейших исследованиях в будущем.

Научная работа Юсупова Ш.С., Шин Л.Ю. на тему: «АНАЛИЗ АНОМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ» основана на экспериментальных материалах и личных исследований авторов в институте сейсмологии АН РУз, и результаты, приведенные в ней, могут быть опубликованы в открытой печати.

Использованная Литература

1. Султанходжаев А.Н. и др. Гидрогеосейсмологические исследования в Восточной Фергане. Ташкент, Фан, 1978, 184 с.

ISSN 3030-3907

2. Султанходжаев А.Н. и др. Гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений. Ташкент. ФАН, 1983, 127 с.
3. Султанходжаев А.Н. Основы гидрогеосейсмологии. Ташкент, 2006, 151 с.
4. Копылова Г.Н. Оценка сейсмопрогностической информативности данных уровнемерных наблюдений на скважине Е1, Камчатка (по данным наблюдений 1996-2007 гг.) // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока. Тр. региональной научно-техн. конф. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 24-28.
5. Серафимова Ю.К., Копылова Г.Н. Среднесрочные предвестники сильных (M ≥ 6.6) землетрясений Камчатки 1987-2007 гг. : ретроспективная оценка их информативности для прогноза // Вулканология и сейсмология. 2010. № 4. С. 3-12.
6. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. О зависимости времени подготовки землетрясения от его энергии. ДАН СССР, 1983, т.271, N2, стр. 330-333.
7. Султанходжаев А.Н., Юсупов Ш.С. Оценка информативности геохимического предвестника $\delta^{13}C$. Узб. геол. журн., № 2, 1994. стр. 95-97.
8. Ибрагимова Т.Л., Азизов Г.Ю. Информативность комплекса гидрогеохимических подземных вод в различных геодинамическ5их условиях. Проблемы сейсмологии в Узбекистане - №9, 2012. стр. 60-64.
9. Султанходжаев А.Н., Азизов Г.Ю., Зиган Ф.Г., Юсупов Ш.С. Выявление информативности гидрогеосейсмологических предвестников на прогностических полигонах Узбекистана. В кн.: Прогноз сейсмической опасности. Ташкент, 1996, стр. 24-26.
10. Султанходжаев А.Н., Латипов С.У., Юсупов Ш.С., Будина А.Е., Тураева П. Пространственно-временные особенности аномальных вариации газогидрогеохимических параметров. В кн.: Прогноз сейсмической опасности. Ташкент, 1996, стр. 26.

ISSN 3030-3907