

ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Юсунов Ш.С., Нурматов У.А., Шин Л.Ю.

Институт сейсмологии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан, Shuhrat-1951@mail.ru

Как показал опыт многолетних наблюдений, характер (интенсивность и длительность) предвестниковых аномальных проявлений гидрогеосейсмологических параметров в период подготовки и свершения землетрясений неоднозначен для разных землетрясений. Подготовка сильных сейсмических событий не всегда находит отклик гидрогеохимической среды, даже тогда когда очаг землетрясения расположен относительно недалеко от пункта наблюдения. Причины этого необходимо искать на пути учета неоднородности поля деформаций, обусловленного блоково-разломным строением литосферы [4, 5] которое, в свою очередь, является каркасообразующим элементом блоковой модели подземной гидросферы [2].

По особенностям глубинной структуры выделяются мегоблоки, внутри которых определяются относительно стабильные и активные мезоблоки, которые в свою очередь подразделены на более мелкие системы блоков с различным термодинамическим режимом и, как следствие этого, литологическим и гидрогеохимическим составом. Связующим или экранирующим звеном в пределах гидросферы являются субвертикальные или субгоризонтальные системы разрывных нарушений. Энергетика земных недр, с учетом этих геолого-структурных и сейсмотектонических особенностей, определяет геодинамическую обстановку как региона в целом, так и конкретной структурной единицы в частности. Гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, связанные с процессами подготовки землетрясений, отражают характер влияния тектогенеза на изменение состояния подземной гидросферы, что выражается разнохарактерным поведением, как отдельных компонентов гидрохимической системы, так и степенью «чувствительности» отдельных пунктов наблюдения на процесс сейсмической активизации.

Как уже было отмечено, эпицентры землетрясений, накануне которых зафиксированы разные гидрогеосейсмологические аномалии, приурочены, в основном, к флексурно-разрывным зонам и глубинным сейсмогенным разломам, особенно к местам их пересечения.

«Чувствительность» объектов наблюдения Ташкентского геодинамического полигона, расположенного в зоне перехода от орогенной области к платформе, несколько ниже по сравнению с объектами, расположенными в орогенной части исследуемой территории.

«Чувствительность» пунктов наблюдений, вскрывших Ташкентские минеральные воды, довольно высока. Информативными параметрами здесь являются гидродинамические и физико-химические показатели, газы и их изотопы, макро- и микрокомпоненты [7, 9, 10].

Подготовка сильных сейсмических событий нашла отражение в аномальном изменении ряда гидрогеологических параметров по некоторым опорным пунктам гидрогеосейсмологической сети наблюдения в Узбекистане. Отдаленным сильным землетрясениям, почти во всех объектах сети наблюдений, предшествовали, как правило, кратковременные (дни, недели), но достаточно интенсивные изменения газового состава подземных вод (H_2 , CO_2 , He, CH_4). Это показывает нарушение квазистационарных условий гидрогеохимической системы за счет глубинных процессов.

Характер аномальных гидрогеосейсмологических проявлений, зарегистрированных на станциях Ташкентского геодинамического полигона во второй половине 90-х годов и в начале нынешнего столетия, отличается от изменений гидрогеохимического состава подземных вод в зоне Северо-Ферганского глубинного разлома в первой половине 90-х гг.

Учитывая множественность предвестниковых признаков в геохимических и гидродинамических полях, а также разнохарактерность и неоднозначность их поведения, основное внимание в настоящей работе будет уделено материалам наблюдения по наиболее информативным параметрам.

Суждения об информативности получены нами из опыта практического прогноза и подтверждены количественными оценками статистической информативности и эффективности [1, 3, 6-8]. В переходной к платформенным областям зоне, а именно на территории Ташкентского геодинамического полигона, информативность исследуемых параметров, реагирующих на процессы, возникающие в период подготовки землетрясений заметно снижается. Здесь наиболее

информативными являются газовые компоненты подземных вод (как наиболее мобильная составляющая флюидов), а также показатели гидрохимической среды и лишь некоторые компоненты химического состава.

Ярким примером вышесказанного могут служить результаты режимных наблюдений гидрогеосейсмологических параметров подземных вод, проведенные на Ташкентском и Ферганском геодинамическом полигонах в период возникновения Туябугизского (25.05.2013, $M=5.4$) и Учкурганского (8.10.1995, $M=5.3$) землетрясений.

На рис.1 приведена схематическая карта, где показаны расположения водопунктов относительно эпицентра Туябугизского землетрясения. С геолого-тектонической позиции Ташкентско-Пскемская сейсмогенная зона формировалась деятельностью трех разломных зон - Пскемских, Каржантауских разломов и Приташкентской флектурно-разрывной зоны. Протяженность зоны более 200 км, при ширине 15-20 км. В районе Чарвакского водохранилища от этой зоны ответвляется Нурекатинская сейсмогенная зона, связанная с Нурекатинскими разломами. Юго-западное окончание разлома, объединяясь с западным окончанием Ангренинских разломов, образует южную ветвь Ангренинской сейсмогенной зоны. Таким образом, все три сейсмогенные зоны в отдельных участках, объединяясь или разветвляясь, образуют единую геодинамическую систему.

Инструментальный эпицентр Туябугизского землетрясения приурочен к юго-западному окончанию Ангренинской сейсмогенной зоны, а макросейсмический эпицентр больше тяготеет к юго-западному окончанию Нурекатинской сейсмогенной зоны. По всей видимости, землетрясение произошло в зоне сочленения двух сейсмогенных зон – Нурекатинской и Ангренинской.

По данным гидрогеосейсмологических наблюдений, в ряде водопунктов зафиксированы аномальные изменения наблюдаемых параметров в период подготовки и проявления Туябугизского землетрясения. По пространственному расположению и приуроченности к тектоническим структурам эти водопункты разделены на три группы (рис.1). Первая группа водопунктов (ст. «Озодбош», скв. Минора, ДАН, Чаткал и род. Озодбош) расположена в центральной части Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоны. На этом участке сейсмогенная зона сочленяется с Нурекатинской. Расстояние от водопунктов до эпицентра землетрясения $R \approx 70$ км.

Вторая группа водопунктов расположена на юго-западной части Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоны (расстояние до эпицентра землетрясения $R \approx 30$ км). Это скв. Текстиль, Институт бахчевых культур и Назарбек. Хотя по расстоянию эти водопункты находятся в 2 раза ближе к эпицентру, чем водопункты 1-ой группы, но между Нурекатинской и Ташкентско-Пскемской сейсмогенными зонами, имеется асейсмичный блок, приуроченный к Чирчикской впадине с шириной $\approx 20-30$ км.

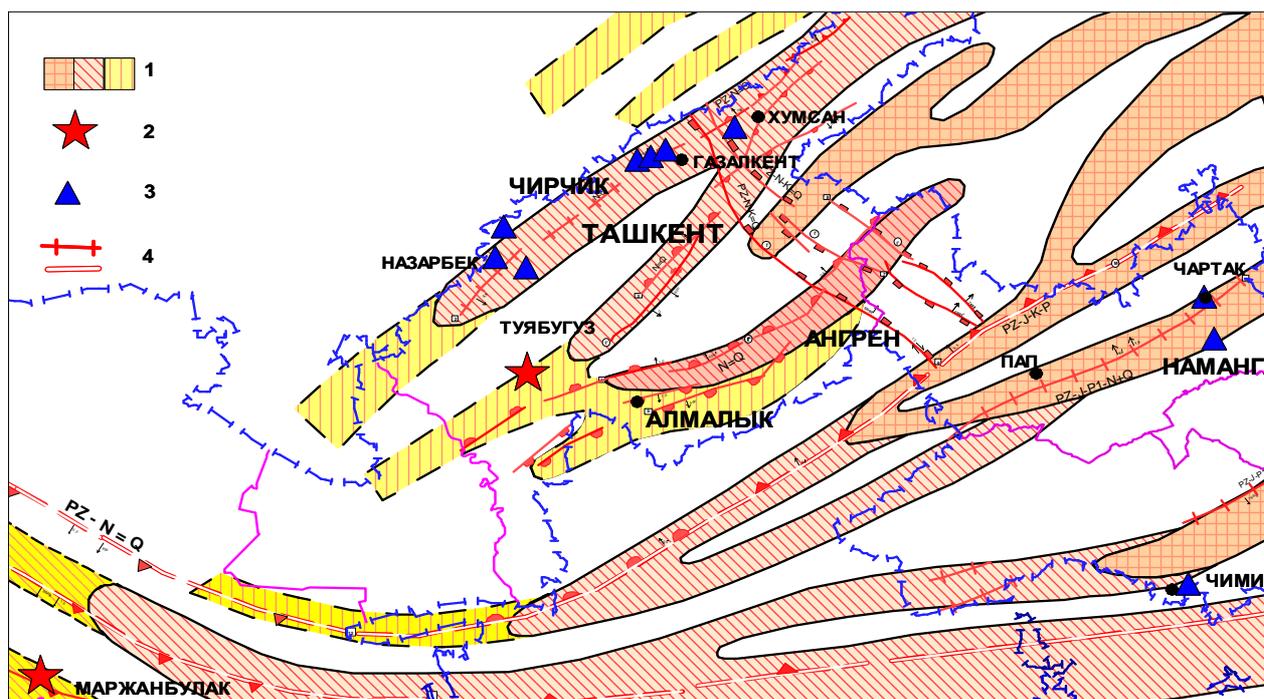


Рис.1. Сейсмогенные зоны, активные разломы, эпицентры землетрясений и наблюдательные станции.
1 - сейсмогенные зоны; 2 – эпицентры землетрясений; 3 – прогностические станции; 4 – разломы земной коры.

Третья группа водопунктов расположена в 225 км от эпицентра, на Наманганской сейсмогенной зоне (станция «Чартак»). Между Нурекатинской и Наманганской сейсмогенными зонами имеются еще три отдельные сейсмогенные зоны.

В таблице 1 приведены все аномальные проявления предвестников всех водопунктов 3-х групп в период подготовки и свершения Туябугизского землетрясения (количество фигур означает количество водопунктов на каждой станции). Не зависимо от амплитуды и длительности аномалий,

Таблица 1. Проявления предвестников по стадиям сейсмической активности и по отношению к геолого-тектоническим условиям (Туябугизское землетрясение 25.05.2013 г., M=5.6.)

параметры	ДО -сейсм. аномал.	КО -сейсм. аномал.	ПОСТ -сейсм. аномал.	на одной сейсмоген. зоне. R=70км	На др.сейсмоген. зоне(блоке) R=30км	На др.сейсмоген. зоне. R=225км
CO ₂	■ ■ ■ ■	▲	▲ ● ●	■ ■ ■ ■	● ●	▲ ▲
He	■ ■ ■ ■	●	● ●	■ ■ ■ ■	● ● ●	
He(ингем)			●		●	
H ₂	■ ■ ■	▲	● ▲	■ ■ ■	●	▲ ▲
Cl	■	● ●	■	■ ■	● ●	
HCO ₃ ⁻	■ ■ ■ ▲	●	▲	■ ■ ■	●	▲ ▲
Rn		● ●			● ●	
N ₂	■ ■ ■ ■ ■	▲	▲	■ ■ ■ ■ ■		▲ ▲
O ₂	■ ■ ■ ■	▲ ▲		■ ■ ■ ■		▲ ▲
pH	■	■		■ ■		
Eh	■	■ ■ ▲		■ ■ ■		▲
CH ₄		▲				▲

Примечание: ■ – аномальные проявления по 1-группе водопунктов; ● – по 2- группе; ▲ – по 3-группе.

они распределены по этапам проявления и зафиксированы до землетрясения (второй столбец – ДО-сейсм. аном.), во время землетрясения (третий столбец – КО-сейсм. аном.) и после землетрясения (четвертый столбец – ПОСТ-сейсм. аном.). В остальных столбцах приведена вся информация о наблюдаемых предвестниках на трех группах водопунктов, расположенных на разных сейсмогенных зонах. Как видно из таблицы, на водопунктах 1-группы аномалии, кроме единичных случаев, зафиксированы до землетрясения (квадратики – 2-столбец). Самые близкие и далекие водопункты (2 и 3 групп) откликнулись на подготовку землетрясения намного позже, т.е. около 50% вовремя землетрясения, а остальные после землетрясения (кружки и треугольники - 3 и 4-столбцы), т.е. аномальные изменения в водопунктах, расположенных в зоне сочленения Нуратинской и Ташкентско-Пскемской сейсмогенных зон, опережают по фазе изменения в других водопунктах. В первой группе водопунктов аномальные вариации имеют предвестниковый характер, а в остальных пунктах они проявились в момент или после возникновения сейсмического события. В водопунктах Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоны, расположенных относительно близко, но на другой тектонической структуре аномалии наблюдались в период свершения землетрясения, а в отдаленных водопунктах Наманганской сейсмогенной зоны (ст. Наманган), после возникновения землетрясения. Это свидетельствует о том, что деформационное поле, связанное с процессом подготовки и возникновения Туябугизского землетрясения, быстрее распространялось по зоне разломов.

Такие же результаты были получены и для Учкурганского землетрясения 1995 года. В 1995 году 8 октября произошло Учкурганское землетрясение с магнитудой 5.3. Аномальные проявления ряда параметров (T, P, pH, H₂, He, CO₂, HCO₃⁻) наблюдались на скважинах ст. Чартак, Чимион и Ходжаабат (Андижан) (рис.2).

Территория Ферганского геодинамического полигона приурочена к области эпиплатформенного орогена и относится к числу наиболее сейсмоактивных районов Узбекистана. Блоковое строение основных структурно-тектонических элементов, разграниченность блоков системами крупных глубинных разломов и флексурно-разрывных зон и их современная активность обуславливает высокую сейсмичность этой территории. В пределах Ферганской долины за более чем столетний период возник ряд 8-9 бальных землетрясений. В таблице 2 представлены сведения об аномальных вариациях предвестников подземных вод Ферганского геодинамического полигона, связанных с Учкурганским (8.10.1995, M=5.3) землетрясением.

Расположение эпицентров землетрясений в различных в структурно-тектоническом отношении зонах, обуславливает различные деформации горных пород в разных частях региона и,

тем самым, сказывается на характере и интенсивности предвестниковых аномалий для различных пунктов наблюдения.

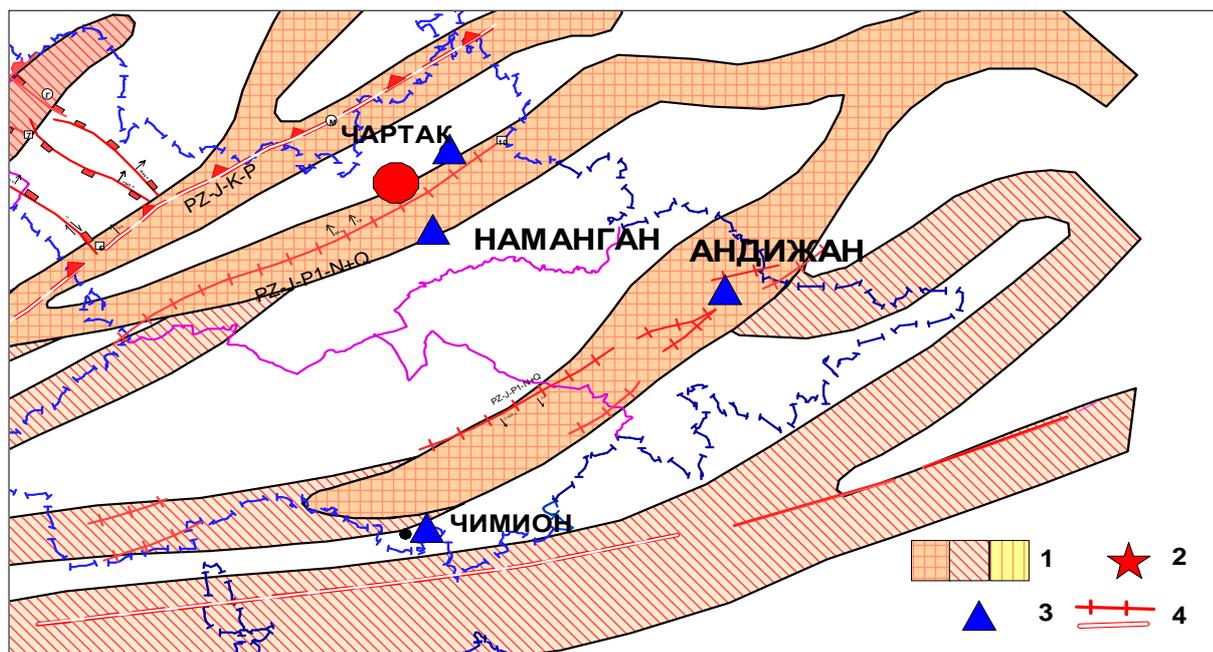


Рис 2. 1 - сейсмогенные зоны; 2 – эпицентры землетрясений; 3 – прогностические станции; 4 – разломы земной коры.

Таблица 2. Проявления предвестников по стадиям сейсмической активности и по отношению к геолого-тектоническим условиям (Учкурганское землетрясение 8.10.1995 г., M=5.3.)

параметры	до-сейсмич. аномалия	ко-сейсмич. аномалия	пост-сейсмич. аномалия	на одной сейсмоген. зоне. (Чартак) R=10км	на другой сейсмоген. зоне. (Хаджабад) R=93км
CO ₂	■ ■ ■ ▲			■ ■ ■	▲
He	■			■	
H ₂	■		■	■ ■	
Cl ⁺		▲			▲
HCO ₃ ⁻		■		■	
Rn	■ ■	■		■ ■ ■	
N ₂	■			■	
O ₂	■	▲		■	▲
pH	■	■	▲	■ ■	▲
Eh	■ ▲	■		■ ■	▲
CH ₄	■			■	

Таким образом, по результатам гидрогеосейсмологического мониторинга выявлено:

- степень «чувствительности» отдельных пунктов, характер, интенсивность и время проявления предвестниковых аномалий обусловлены, в первую очередь, общностью или различием структурно-геологических и сеймотектонических условий местоположения очагов землетрясений и пунктов наблюдений, а также интенсивностью готовящегося землетрясения;
- становится очевидным, что для понимания природы процесса подготовки землетрясения и разработки универсальных методов прогноза необходим глубокий анализ особенностей проявления изучаемых полей и оценка роли геолого-тектонических особенностей пунктов наблюдений в проявлении и формировании предвестников землетрясений;
- характерной особенностью изменения гидрогеохимических параметров подземных вод в период подготовки сейсмических событий является то, что продолжительность аномальных вариаций близких землетрясений намного больше, чем далеких. При этом, в случаях когда эпицентр землетрясения и пункт наблюдения находятся в одной сейсмогенной зоне, интенсивность аномалий и их контрастность гораздо больше, чем на других участках. Это объясняется преобладающей ролью разломной зоны в процессе перераспределения сейсмогенных напряжений.

Список литературы:

1. Ибрагимова Т.Л., Азизов Г.Ю. Информативность комплекса гидрогеохимических подземных вод в различных геодинамических условиях // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. №9. Ташкент, 2012. С. 60-64
2. Ишанкулов Р., Борисов О.М., Мирзаев С.Ш. Разрывно-блоковая модель подземной гидросферы Средней Азии // Узб. геол. журн. №6. 1986. С. 37-41
3. Копылова Г.Н. Оценка сейсмопрогностической информативности данных уровнемерных наблюдений на скважине Е1, Камчатка (по данным наблюдений 1996-2007 гг.)// Тр. региональной научно-техн. конф. Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 24-28
4. Красный Л.И., Садовский М.А. Блоковая тектоника литосферы// ДАН СССР. 1986. Т.287. №6. С. 1451-1454
5. Курскеев А.К. Геофизические неоднородности литосферы. Алматы: Былым, 1996. 186 с.
6. Серафимова Ю.К., Копылова Г.Н. Среднесрочные предвестники сильных ($M \geq 6.6$) землетрясений Камчатки 1987-2007 гг.: ретроспективная оценка их информативности для прогноза// Вулканология и сейсмология. 2010. № 4. С. 3-12
7. Султанходжаев А.Н. и др. Выявление информативности гидрогеосейсмологических предвестников на прогностических полигонах Узбекистана. В кн.: Прогноз сейсмической опасности. Ташкент, 1996. С. 24-26
8. Султанходжаев А.Н., Юсупов Ш.С. Оценка информативности геохимического предвестника $\delta^{13}C$ // Узб. геол. журн. № 2. 1994. С. 95-97
9. Электрические и магнитные предвестники землетрясений. Коллектив. Ташкент: ФАН, 1983. 134 с.
10. Юсупов Ш.С. и др. Исследование механизмов формирования электромагнитных и гидрогеосейсмологических предвестников для геолого-тектонической среды Узбекистана (2000-2002 гг.) // Отчет ИС АН РУз. 2002. 247 с.