

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА ПОВЕРХНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Юсунов Ш.С., Умурзаков Р.К.

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан
seismologiya@meil.ru*

В результате обобщения и анализа, ранее выполненных работ по определению водорода на поверхности получена картина распределения концентрации водорода в зоне аэрации. Интенсивные линейные аномалии приурочены к Бухара-Гиссарскому региональному разлому, с которым связаны сейсмические события, эпицентры которых расположены в поселке Газли.

Современный этап развития научных исследований в области поиска предвестников землетрясений характеризуется широким использованием различных методов. Наряду с традиционными методами изучения землетрясений (сейсмологический, геофизический, деформационный и др.) в настоящее время используется перспективный гидрогеосейсмологический метод. Данный метод основан на изучении закономерностей изменения гидрогеодинамических и гидрогеотермических параметров подземных вод (таких как уровень подземных вод, дебит, давление, температура). Кроме этого, данный метод изучает изменения: 1) содержания газов в подземных водах (водород, гелий, углерод, кислород, азот, углекислый газ и др.); 2) радиоактивных элементов (в частности радона); 3) макрокомпонентного состава (хлор, гидрокарбонаты, сульфаты, натрий, кальций, магний и др.), а также показателей рН, Eh и изотопного состава. Как показали исследования, эти изменения возникают в периоды, предшествующие землетрясениям, а их сущность и интенсивность проявления обусловлены высокой напряженностью геодинамических процессов в период подготовки землетрясений. Эти процессы проявляются, в частности, образованием трещин и микротрещин, изменением порового давления в водонасыщенной среде под действием упругих напряжений. Благодаря возможности оперативного слежения за комплексом предвестников, поставляющих информацию с глубин, гидрогеосейсмологический метод является на современном этапе наиболее перспективным.

В научном плане наибольший интерес представляют наблюдения за изменением содержания молекулярного водорода в поверхности, как предвестника землетрясений.

Полученные данные о вариациях концентрации молекулярного водорода на различных территориях Кавказа, Камчатки и Средней Азии и других сейсмоактивных зонах свидетельствуют о перспективности этого вида наблюдений для решения задач геодинамики и прогноза землетрясений. Примером связи вариации молекулярного водорода с сейсмичностью являются результаты наблюдений в регионе Туранской плиты в Средней Азии и на территории Северного Кавказа.

На территории Дагестана и в акватории Каспийского моря произошли два сильных землетрясения: 21 января 1998 г. с магнитудой $M = 6.5$ и 25 ноября 2000 г. с $M = 6.2$. За 1.5 и 2.5 месяца до возникновения этих сейсмических событий начался устойчивый рост концентрации молекулярного водорода от фоновых величин (2-3 единицы ppm) до 10 ppm перед первым землетрясением и до 30 ppm перед вторым землетрясением. По наблюдениям некоторых исследователей [3], рост концентрации молекулярного водорода, в отдельные периоды времени, составил в среднем около 0.5 ppm в сутки и авторы считают, что этот результат является свидетельством связи процессов разгрузки молекулярного водорода с геодинамическим режимом и сейсмичностью.

Для изучения глубинного потока водорода по разрывным структурам в районе Газли были проведены измерения водорода на поверхности [1]. В результате измерений получена дифференцированная картина распределения концентрации водорода в зоне аэрации, установлены концентрации водорода от 90-64690 у.е. (условных единиц). Величина концентрации в каждой точке показана на рис. 1.

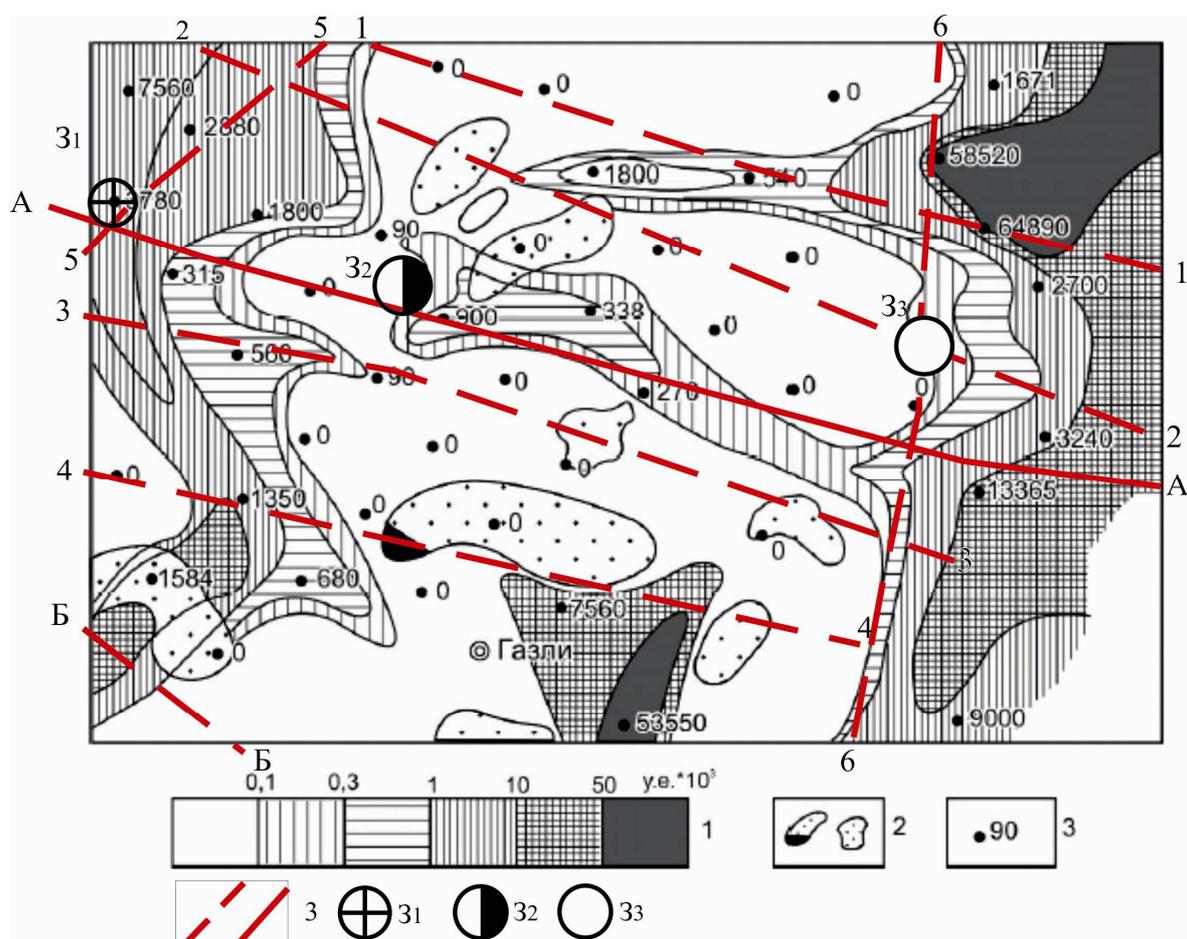


Рис. 1. Ореолы площадной водородной съемки на поверхности Земли в районе Газли (по материалам Г.В.Перевозчикова, Б.А.Борисова, Е.А.Рогожина, 1986 г.): 1 - поле концентрации водорода, в $n10^3$ у.е.; 2 - залежи нефти и газа; 3 - точки наблюдений и величина концентраций водорода в у.е. (условная единица); региональные разломы: А-А Бухара-Гиссарский, Б-Б Южно-Гиссарский; локальные разломы: 1-1 Ашикудукский, 2-2 Северный Шоркудукский, 3-3 Каракырский; продольный, 4-4 Газлийский, поперечные разломы: 5-5 Тузкойский, 6-6 Рометанский; эпицентры Газлийских землетрясений: 3₁ - 19.04.1984 г., 3₂ - 17.05.1976 г., 3₃ - 07.04.1976 г.

В восточной части Газли, ореолы водорода имеют линейный характер и субмеридиональное направление, концентрация водорода изменяется от 1671 до 9000 у.е. В средней части и к северу восточного участка выявлены локальные зоны высокой концентрации водорода от 13365, 58520 до 64890 у.е., что связано с пересечением на данной территории субширотных (Бухара-Гиссарский, Ашикудукский, Северный Шоркудукский, Каракырский; Газлийский) и субмеридионального (Рометанского) зон разломов.

Вблизи поселка Газли установлено локальное аномальное проявление водорода (с концентрацией 7560-53550 условных единиц), приуроченной к активной тектонической зоне.

К северу от поселка Газли наблюдаются два линейно вытянутых ореола водорода субширотного простираения: первый – с концентрацией 270-900 у.е (в зоне Бухара-Гиссарского глубинного разлома) которое совпадает с Южно-Тянь-Шаньской сейсмогенной зоной, к нему приурочены эпицентры Газлийских землетрясений, произошедших 19.04.1984 г., 17.05.1976 г. и 07.04.1976 г. Изменение напряженно-деформированного состояния среды под действием тектонических сил может привести к изменению путей миграции глубинного водорода, что отразится в изменении концентрации H_2 в почвенном газе разломных зон. Не исключено, что аномальные сигналы в динамике поля почвенного водорода указывают на интенсивные деформации, возникающие в контролируемом разломе. С другой стороны, при росте геомеханических напряжений в процессе подготовки сильных землетрясений, миграция флюидов по зонам глубинных разломов вдоль плоскостей расланцованных пород, также может привести к увеличению флюидного массопереноса с глубин и импульсному выбросу водорода в атмосферу в зонах активных разломов;

второй – с концентрацией 540-1800 у.е, котрый наблюдается в зоне Ашикудукского и Северной Шоркудукского разломов.

В западной части участка исследований форма ореолов водорода становятся площадными, вытянутыми с юга на север и его концентрация меняется от 315 до 7560 у.е. что связано с пересечением субширотных (Бухара-Гиссарский, Ашикудукский, Северный Шоркудукский, Каракырский; Газлийский) и субмеридионального (Тузкойского) зон разломов.

В результате обобщения и анализа, ранее выполненных работ по определению водорода на поверхности получена картина распределения концентрации водорода в зоне азрации. Повышенная концентрация водорода на поверхности и в зоне азрации связана с наиболее благоприятными условиями транзита флюидов от складчатого палеозойского фундамента к поверхностному чехлу (верхней части земной коры). Эти зоны являются зонами активной флюидопроводности, что обуславливает высокую концентрацию водорода на поверхности.

Таким образом, из приведенного материала можно сделать следующие выводы:

- площадные аномалии содержания водорода обусловлены сложными узлами пересечения разломов различного направления. Интенсивные линейные аномалии приурочены к Бухара-Гиссарскому региональному разлому, с которым связаны сейсмические события (эпицентры Газлийских землетрясений, имевших место 19.04.1984 г., 17.05.1976 г. и 07.04.1976 г.)

- наблюдения за изменениями концентрации водорода можно использовать для мониторинга, как предвестника землетрясений, а также для выявления сейсмически активизированных разрывных нарушений.

Список литературы

1. Перевозчиков Г.В. Поле водорода на месторождении Газли по данным геохимических исследований в нефтегазоносном регионе Средней Азии. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. №1. С.1-13.
2. Фирстов П.П., Широков В.А. Динамика молекулярного водорода и ее связь с геодеформационными процессами на Петрапавловск-Камчатском геодинамическом полигоне по данным наблюдений в 1999-2003 гг. // Геохимия. 2005. № 9. С. 1-10
3. Урдуханов Р.И., Николаев И.Н., Войтов Г.И. и др. Нестабильности водородного поля атмосферы почв и подпочв как реакция на Дагестанские землетрясения 1998-2000 гг. // Докл. РАН. 2002. Т. 385. №. 6. С. 818-822.