



УДК: 550.34:556.3:543.3

**Шерзод АБДУНАБИЕВ,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Инженер-сейсмолог

E-mail: sherzodabdunabiev1@gmail.com

**Сайдазимхужса ОРИПОВ,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Инженер-геофизик

**Кодир КУЧКАРОВ,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Начальник партии камеральной обработки

**Аббос ХАМРАЕВ,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Инженер-гидрогеосейсмолог

**Азиз ГАНИЕВ,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Инженер-геофизик

**Мукаффас ГАИПОВА,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Инженер-гидрогеосейсмолог

**Миржалол МАХАММАДИЕВ,**

Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз, Начальник группы програмно-технического обеспечения

На основании отзыва заведующего кафедрой Геофизики и гидрогеологии НУУз, доцента Н.Таджикаевой

## ANOMALIES OF GAS-CHEMICAL PARAMETERS IN WELLS OF THE KYZYL KUM GEODYNAMIC POLYGON ASSOCIATED WITH EARTHQUAKES

Annotation

The article presents the results of observations of gas-chemical components in artesian waters in wells of the Kyzylkum geodynamic polygon, as well as data on anomalous changes associated with seismic activity in the period from 2010 to 2025.

**Key words:** anomaly, regime supervision, forecast, gas-chemical components, deformation, earthquakes, hydrogeoseismological supervision.

## QIZILQUM GEODINAMIK POLIGONIDA ZILZILALAR BILAN BOG'LIQ YER OSTI SUVЛАRIDAGI GAZ VA KIMYOVIY PARAMETRLARDA KUZATILGAN ANOMAL O'ZGARISHLAR

Annotatsiya

Maqolada Qizilqum geodinamik poligonidagi quduqlarda artezian suvlaridagi gaz-kimyoviy komponentlarni kuzatish natijalari, shuningdek, 2010 yildan 2025 yilgacha bo'lgan davrda seysmik faoliy bilan bog'liq anomal o'zgarishlar to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan.

**Kalit so'zlar:** anomaliya, muntazam kuzatuvalar, prognoz, gaz va kimyoviy komponentlar, deformatsiya, zilzila, gidrogeoseismologik kuzatuvalar.

## АНОМАЛИИ ГАЗОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СКВАЖИНАХ КЫЗЫЛКУМСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА СВЯЗАННЫЕ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Аннотация

В статье приведены результаты наблюдений газохимических компонентов в артезианских водах в скважинах Кызылкумского геодинамического полигона, а также данные об аномальных изменениях, связанных с сейсмической активизацией в период с 2010 г. по 2025 г.

**Ключевые слова:** аномалия, режимные наблюдения, прогноз, газо-химические компоненты, деформация, землетрясения, гидрогеосейсмологические наблюдения.

**Введение.** Известно, что аномалии, предшествующие сильным землетрясениям, обусловлены накоплением энергии на стыках отдельных структур, разделенных разломами, и сопровождаются изменениями физико-химических процессов в земной коре, которые протекают годами и десятилетиями до тех пор, пока не будет превышен порог прочности вещества [1]. Прогноз землетрясений связан с поисками его предвестников, которые проявляются в виде аномальных изменений газовых и химических компонентов, гидроэдинамических параметров подземных вод, а также геофизических и геодинамических полей.

При изучении литературных данных по проблеме прогноза землетрясений узбекскими и зарубежными сейсмологами был выявлен ряд характерных особенностей вариаций параметров подземных вод перед землетрясениями [2,3,4,5]. На сегодняшний день, несмотря на определенные достижения в прогнозировании землетрясений, механизмы формирования предвестников аномальных изменений подземных вод перед сейсмическими событиями остаются слабо изученными, а методические подходы требуют дальнейшей проработки для их практического использования при оценке подготовки ожидаемого землетрясения.

**Методика.** Под гидрогоесейсмологическим методом понимаются наблюдения за изменениями уровня подземных вод на ярусных узлах скважин, дебита, температуры, химического и газового состава подземных вод в скважинах, проводимые с целью выявления таких изменений в качестве предвестников и оценки текущей сейсмической опасности региона. Результаты этих наблюдений коррелируют с данными сейсмостанций об энергетической характеристики землетрясения в пункте наблюдения, расстоянием от эпицентра до пункта наблюдения, протяженностью очага и энергетическим классом.

Подземные воды являются индикаторами деформационных процессов, происходящих в земной коре. Наиболее интенсивные деформации происходят в области зарождения землетрясения и могут стимулировать изменения физико-химических и гидрогоеодинамических параметров водного бассейна [6]. На рассматриваемом геодинамическом полигоне гидрогоеологические условия артезианских бассейнов определяются физико-географическими условиями и геологическими факторами. В соответствии с особенностями геолого-тектонического строения региона и условиями формирования подземных вод в Центральных Кызылкумах выделяются гидрогоеологические воды массивных пород и артезианские бассейны. Воды преимущественно пресные, и по химическому составу сульфатно-гидрокарбонатно натриевые. [7]. В ходе деформационных процессов в тектонически активных зонах из глубинных слоев могут поступать воды, отличающиеся по составу, в вышележащие водоносные горизонты [8]. Поэтому сложная геотектоническая обстановка Кызылкумов затрудняет выявление гидрохимических аномалий, сопутствующих процессам подготовки землетрясения.

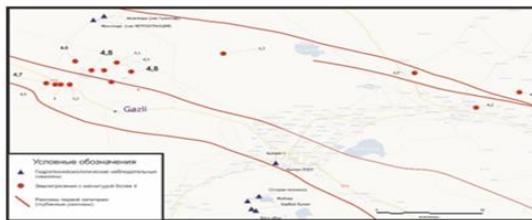
Объектом нашего исследования был выбран ряд глубоких артезианских скважин, расположенных в пределах юго-западной части Кызылкумского геодинамического полигона, которые контролируют область Южно-Тянь-Шаньской сейсмогенной зоны. На Кызылкумском геодинамическом полигоне Республиканским центром сейсмопрогностического мониторинга МЧС ведутся наблюдения на самоизливающихся скважинах «Бухара», «Жуизар», «Военная часть», «Янгиобод», «Ситораи-Мохи-Хоса». А на юго-западной части территории полигона, начиная с 1981-1982 годов, проводятся наблюдения на самоизливающихся скважинах «Нусенбуравой», «Метеостанция», «Тукчакар» и «Гумбаз». Объекты этих наблюдательных скважин приведены на гидрогоеологическом профиле (рис. 1). При достижении критического порога тектонических напряжений гидравлическая связь между водоносными горизонтами изменяется, что приводит к смешиванию флюидов. Дополнительный подток снизу в верхние водоносные горизонты происходит за счёт перемещения флюидной среды, что способствует изменениям химического, газового и изотопного составов вышележащих вод в процессе подготовки землетрясений. При этом, в зависимости от концентрации определённых компонентов в водах взаимодействующих водоносных горизонтов, такие гидрохимические и газохимические процессы могут носить как положительный, так и отрицательный характер. Механизм таких циркуляционных процессов в природе отмечается достаточно явно. Они, в основном, наблюдаются в скважинах или источниках, которые приурочены непосредственно к зонам геодинамического воздействия активных тектонических разломов и разрывных нарушений. Эти процессы способны изменять концентрацию определённых компонентов подземных вод [9, 10].



**Рис. 1.** Схематический гидрогоеологический профиль по линии скважин «Ситораи Мохи Хоса-Нусенбуравой» Составил Ш.А Абдунабиеv (с использованием материалов Ш. Юсупова, Т. Зокирова) [8]

Опыт многолетних исследований на сейсмогеодинамических полигонах Узбекистана позволил нам выявить ряд особенностей фоновых и аномальных вариаций газовых компонентов водоносных горизонтов, а также газохимического состава подземных вод в периоды относительного затишья и активизации сейсмичности территорий. В частности, установлено, что зона проявления гидрогоеологических предвестников землетрясений охватывает территории радиусом до десятикратного размера очага сильных землетрясений [11].

**Результаты работ.** За период с 2010 по 2025 год на Кызылкумском геодинамическом полигоне было зарегистрировано 14 землетрясений с  $M \geq 4$ . На рисунке 2 приведена схематическая карта расположения пунктов гидрогоеологических наблюдательных скважин и эпицентров этих землетрясений. На рисунке 3 приведены графики выделенной сейсмической энергии на Кызылкумском геодинамическом полигоне за период с 2010 по 2025 год. Исходя из временных изменений сейсмичности, для дальнейшего сопоставительного анализа вариаций параметров подземных вод с землетрясениями выбран период с 2010 г. по 2025 г., в котором наблюдалось повышенное выделение сейсмической энергии.



**Рис. 2.** Схематическая карта расположения пунктов гидрогоеологических наблюдательных скважин и эпицентров землетрясений, на основе каталога данных РЦСМ Составил Орипов С.Г.

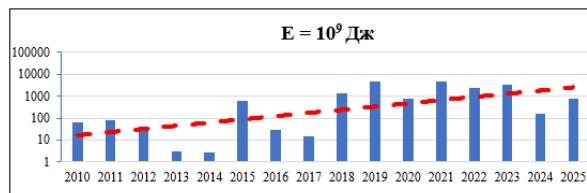


Рис. 3. Распределение энергии землетрясений, произошедших на Кызылкумском геодинамическом полигоне (период 2010-2025 года)

Сейсмическая энергия ( $E$ ) – один из важнейших параметров очага землетрясения. Она рассчитывается по формуле  $(K)=\lg E$ , где ( $E$ ) – энергия землетрясения, ( $K$ ) – энергетический класс землетрясения. На рисунке 3 видно, что количество сейсмической энергии за период с 2010 по 2025 год увеличивалось, однако умеренный рост наблюдался преимущественно с 2018 года. На представленном графике наглядно показано, что количество сейсмической энергии с 2018 года возросло ( $E = 10^{12}$  Дж) в связи с произошедшими землетрясениями на исследуемом полигоне: 2019 год ( $M = 4,8$ ), 2021 год ( $M = 4,8$ ), 2022 год ( $M = 4,6$ ), 2023 год ( $M = 4,7$ ).

Следует отметить, что за период с 2010 по 2018 гг. при регистрации землетрясений на исследуемом полигоне не были зарегистрированы аномалии гидрохимических и газохимических параметров, хотя в 2015-2018 гг. произошло землетрясение  $M=4,3$  и  $M=4,2$ . Ниже проанализированы среднесрочные аномальные изменения в газовом (хроматограф Кристалликс-4000М) и химическом составе (И-160МИ-прибор для определения ионов в минеральных водах, а также титровального метода для определения гидрокарбонатов) подземных вод в скважинах исследуемого полигона с учетом проявления энергии и эпицентрического расстояния произошедших землетрясений за период с 2020 г. по 2025 г. (рис. 4-6).

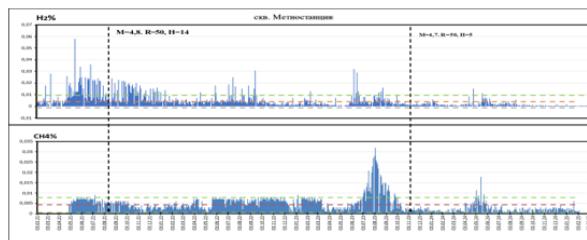


Рис. 4. Характер изменения гидрохимических параметров (в %)  $H_2$ ,  $CH_4$  в скважине «Метеостанция» перед землетрясениями в 2021 г.

Сопоставительный анализ ежедневных вариаций химического и газового состава подземных вод Кызылкумского геодинамического полигона, представленных на рисунках 4-6, с сейсмической активностью на территории полигона показывает, что гидрогеосейсмологические аномалии хорошо прослеживаются при землетрясениях с  $M \geq 4$ .

Они достаточно явно проявились при землетрясениях 2019 года ( $M=4,8$ ;  $K=12,6$ ), 2021 года ( $M=4,8$ ;  $K=12,6$ ), 2022 года ( $M=4,6$ ;  $K=12,2$ ), 2023 года ( $M=4,7$ ;  $K=12,3$ ) на территории Кызылкумского геодинамического полигона. В интервале регистрации этих землетрясений аномальные изменения гидрохимических параметров имели ярко выраженный характер в вариациях –  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $He$ ,  $pH$ ,  $HCO_3^-$  на скважинах «Метеостанция», «Бухоро» и «Жуйзар», расположенных в пределах эпицентрических расстояний от 50 до 130 км. Наряду с этим зарегистрировано аномальное увеличение молекулярного водорода  $H_2$  и  $CH_4$  в скважине «Жуйзар». После долгих наблюдений и статистических анализов было выявлено, что положительные и отрицательные аномалии в гидрохимических параметрах, таких как  $H_2$  и  $CH_4$  на скважинах «Метеостанция», «Бухоро», а также  $pH$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CH_4$ ,  $He$ ,  $H_2$  до основного события (сильного землетрясения), могут служить его предвестниками.

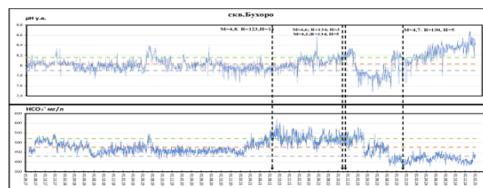


Рис. 5. Характер изменения гидрохимических параметров скважины «Бухоро» перед землетрясениями в 2021 г.

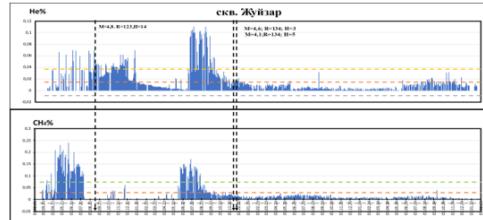


Рис. 6 Характер изменения гидрохимических параметров (в %)  $He$ ,  $CH_4$ , в скважине «Жуйзар» перед землетрясениями в 2021 г. ( $M=4,8$ ;  $R=123$ ;  $H=14$ ) и 2022 г. ( $M=4,6$ ;  $R=134$ ;  $H=3$ )

**Заключение.** На основании изложенных данных можно отметить, что характер вариаций параметров подземных вод на Кызылкумском геодинамическом полигоне в определенной степени связан с изменениями напряженно-деформированного состояния земной коры региона, которые можно выявить путем их мониторинга. Эти изменения наиболее явно проявляются при землетрясениях с  $M \geq 4$ ;  $K \geq 12,2$ . В основе механизма формирования прогностических

аномалий на Кызылкумском геодинамическом полигоне лежит представление о том, что аномалии и возникновение землетрясений тесно связаны с деформационными процессами горных массивов земной коры, которые также влияют на газохимические компоненты в скважинах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Султанходжаев А.Н., Латипов С.У., Хасanova Л.А. и др. Гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений // Т.: Фан, 1983. -5-10с.
2. Уломов В.И. Газлийские землетрясения 1976 года и р.ирование сейсмической опасности на территории Западного Узбекистана. // «Строительство и архитектура Узбекистана», 1976, №8. С.16-25.
3. Гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений // Под. ред. акад. АН РУз Г.А. Мавлянова, Ташкент: Фан, 1983, 135с.
4. Султанходжаев А.Н., Эргашев С.Э. Изменения концентрации водородных ионов (pH) в подземных водах в связи с землетрясением // Узбекский геологический журнал. 1975 г. №1. С.3-4.
5. Киссин И.Г. «Флюиды в земной коре» // Москва. Н. 2015. С.76-86
6. Киссин И.Г. Об исследовании роли воды в сейсмических процессах // Физика Земли, №3, 1971 С.25-32.
7. Мавлянов Г.А., Касымов С.М., Садыков Я.С. Инженерно-геологическим условиям застройки г. Газли // «Строительство и архитектура Узбекистана», №8, 1976 с 297.
8. Юсупов Ш.С. Особенности формирования изотопного состава углерода углекислоты подземных вод и его связь с сейсмичностью (на примере некоторых сейсмоактивных р.ов Ср. Аз.): Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. - Т., 1986. - 20 с.
9. Зиявуддинов Р.С. «Особенности проявления гелия в подземных водах сейсмоактивных р.ов Центральной Азии». Автореферат докторской диссертации на соискание ученой степени доктора философии по геолого-минералогическим наукам. Ташкент, 2011.32 с.
10. Юсупов Ш.С. «Изотопная геохимия углерода подземных вод Центральной Азии» // Ташкент, 2017, изд. SIVASH, 219 с.
11. Уломов В. И. Методика поиска прогностических признаков землетрясений // «Инф. Сообщение № 186». Ташкент, 1977.