

УДК 551.243 - 551.2

Кендирбаева Дж.Ж.
Институт сейсмологии НАН КР
г. Бишкек, Кыргызстан

ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД КЫРГЫЗСТАНА И ИХ ОТКЛИКИ НА ПРОЯВЛЕНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Аннотация. Проведена оценка взаимосвязи между временными вариациями термоминеральных вод (ТМВ) и разрядкой напряжённого состояния земной коры на территории Кыргызстана. Рассмотрены на основе применения сопоставительного анализа идентификация «ложных предвестников», базирующаяся на представлениях об учёте закономерных изменений. Это исключение помех, связанных с вмешательством в режим эксплуатации скважин и учёт атмосферных явлений в системе «предвестник-землетрясение-отклик», в районе Прииссыккуля.

Ключевые слова: термоминеральные воды, временные графики, землетрясение, атмосферные явления, гидроэффекты, колебания, внешние и внутренние факторы.

КЫРГЫЗСТАНДЫН ТЕРМОМИНЕРАЛДЫК СУУЛАРЫНДАГЫ УБАКЫТТЫК ВАРИАЦИЯЛАР ЖАНА АЛАРДЫН КҮЧТҮҮ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДӨГҮ ИНФОРМАЦИЯЛАРЫ

Кыскача мазмуну. Кыргызстандагы ысык суулардын өзгөрүшү менен жер титирөөлөрдүн ортосундагы байланыштарга баа берилди. Мезгилдүү өзгөрүүлөрдү эсепке алуу концепциясына негизделген «жалган прекурсорлорду» идентификациялоо салыштырмалуу анализдин негизинде каралып, алардын пайда болуусундагы түрдүүлүк көбүнчө, тоо-тектердин фильтрациялык касиеттерине жараша болот.

Негизги сөздөр: термоминералдык суулар, убакыт графиги, жер титирөөлөр, атмосфералык кубулуштар, гидроэффекттер, флуктуациялар, тышкы жана ички факторлор.

TEMPORARY VARIATIONS IN THE THERMOMINERAL WATERS OF KYRGYZSTAN AND THEIR RESPONSES TO THE MANIFESTATIONS OF STRONG EARTHQUAKES

Abstract. An assessment of the relationship between the temporal variations of thermomineral waters (TMW) and the discharge of the stressed state of the earth's crust in the territory of Kyrgyzstan has been carried out. The identification of «false precursors» based on the concept of regular changes is considered on the basis of a comparative analysis. This is the elimination of interference associated with interference with the operation of wells and the atmospheric phenomena in the «precursor-earthquake-reaction» system in the Issyk-Kul region.

Keywords: thermal mineral waters, time variation plots, earthquake, atmospheric phenomena, hydroeffects, fluctuations, external and internal factors.

Одной из актуальных задач прогноза сейсмических событий является, по мере возможности, разработка и внедрение новых методов в практику обработки данных, а также оценка идентификации сведений, поступающих в виде откликов. Такой подход направлен на исключение или снижение до минимума субъективизм. В этом плане подземные воды служат ярким примером «чёрного ящика», с помощью которого на поверхности фиксируются различного рода сигналы-аномалии.

На примерах территории России [1], используя теорию катастроф к

скачкообразности гидроаномалий от изменения напряжения земной коры, доказали не только сходимость режима подземных вод с проявлениями сейсмичности с $M \geq 6.0$, но и возможность прогноза сильных землетрясений. Это связано с тем, что основу безопасного размещения людей и возведения промышленно-гражданских сооружений составляет прогнозная оценка, базирующаяся на пространственно-временной связи между устойчивостью равновесия геолого-гидрогеологического разреза в условиях активного роста напряжённо-деформационного состояния земной коры [2].

На территории Кыргызстана подобные исследования большей частью базируются на изучении режима термоминеральных вод (ТМВ), при этом, рассматривая их во взаимодействиях с внешними и внутренними факторами в виде прямых и обратных связей, как переменный параметр геологического строения, гидрогеологических условий и сейсмической обстановки, а также активности солнечно-земных приливов и отливов [3].

Благодаря методам анализа и синтеза, аналогии и формальной логики, результативность и достоверность раскрытия механизмов образования гидрогеохимических и гидродинамических эффектов с каждым годом уточняется и повышается [4-5]. Для идентификации, в качестве предвестников гидрогеохимических и гидродинамических эффектов, исследованы Сары-Камышское с $M_w=7.2$ (1970) и Жаланаш-Тюпское с $M_w=6.9$ (1978), Барскаунское с $M_w=5.6$ (1980) и Байсорунское с $K_R \geq 15.0$ (12.11.1990), Кочкор-Атинское с $K_R \geq 15.0$ (1992) и Суусамырское с $K_R \geq 17.0$ (19.08.1992), а также Сары-Джазское с $M_w=5.9$ (2013) землетрясения.

Необходимым условием при этом послужили, во-первых, приуроченность к зонам крупных разломов, имеющих проницаемые участки, во-вторых, легкий выход из квазистационарного равновесия под воздействием экзогенных и сеймотектонических процессов и, в-третьих, минимальное участие внешних факторов в наблюдаемых водоносных горизонтах, например, количество выпадение осадков, колебания температуры воздуха и сдвиг смены сезонных составляющих.

К сегодняшнему дню гидрогеосейсмологический мониторинг в республике представляет собой сеть станций режимных наблюдений, регистрирующая временный ход их физико-химических показателей (рисунок 1), которые на данном этапе исследований, кроме использования данных для создания временных рядов, участвуют в увеличении объёма и обработки актического материала. При этом, как показано в [6], информационный набор – это суммарный результат воздействия экзогенных и эндогенных факторов на вещественный состав земной коры разного возраста и происхождения, поскольку параметры каждого пункта, находясь в динамическом равновесии с геолого-тектоническими и гидрогеологическими условиями региона, характеризуется определёнными концентрационными значениями, доступными в режиме реального времени. Так, для прогноза землетрясений продолжается изучение режима ТМВ Кыргызстана, в т.ч. станции «Джеты-Огуз», общим свойством в которых можно считать ступенчатые переходы ионов, отделяющиеся нередко небольшими миганиями (рисунок 2).

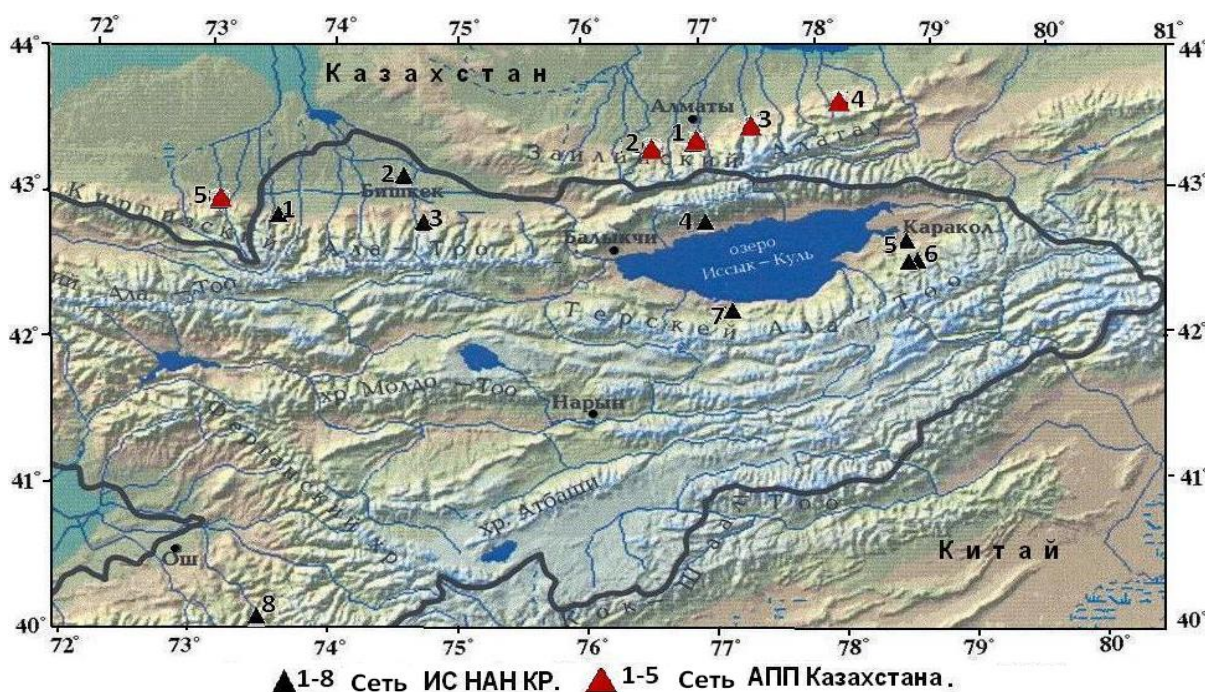


Рисунок 1. Схема сейсмогидрогеологического мониторинга Кыргызской Республики и Республики Казахстан на конец 2020 года. Условные обозначения: **1-8.** Сеть ИС НАН КР: 1- Эркин-Сай; 2 – Бишкек; 3- Аламедин- Иссык-Ата; 4- Кара-Ой; 5- Каракол; 6- Джети-Огуз; 7- Каджи-Сай; 8- Сопу-Коргон. **1-5.** Сеть Алматинского прогностического полигона (АПП) Казахстана: 1- Алма-Арасан; 2- Нижняя Каменка; 3- Тау-Тургень; 4- Курам; 5- Мерке.

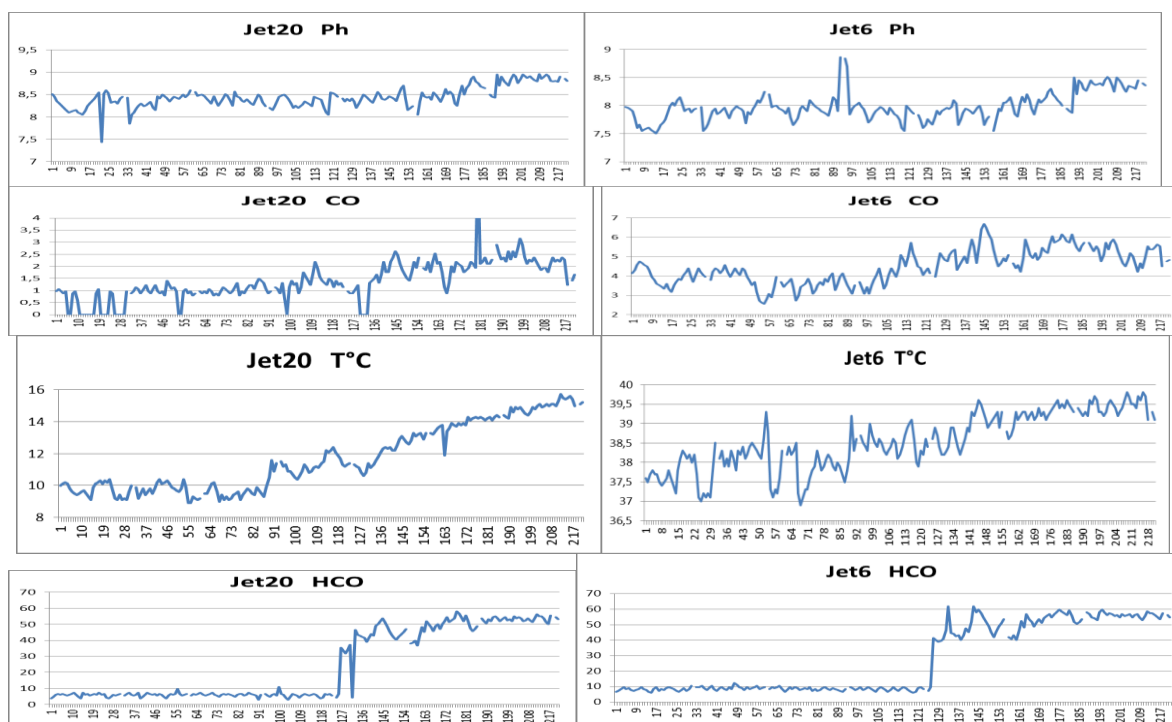


Рисунок 2. Временный ход ТМВ по скважинам 20 и 6 «Джеты-Огуз» за 2020 год. Условные обозначения: по горизонтали- время, по вертикали- содержание параметров.

Ниже в качестве исторического примера приведён ход их временных вариаций, связанных с Кочкорским землетрясением с $K_R \geq 12.9$ ($M_w=4.9$), произошедшим 2 июня 1974 года в пределах зоны дробления одноименного глубинного разлома. Его интенсивность в эпицентральной области составила 6-7 баллов, а в водах в зонах разломов предшествовали аномалии по урано-изотопным отношениям. Например, согласно показателям скважины 6 ТМВ «Джеты-Огуз», удалённой от эпицентра на 245 км (рисунок 3), выявлено, что колебания в содержаниях гелия и радона появились за 1.5-2 месяца, а в изотопах радия ($^{222}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) — за 2-3 дня до события.

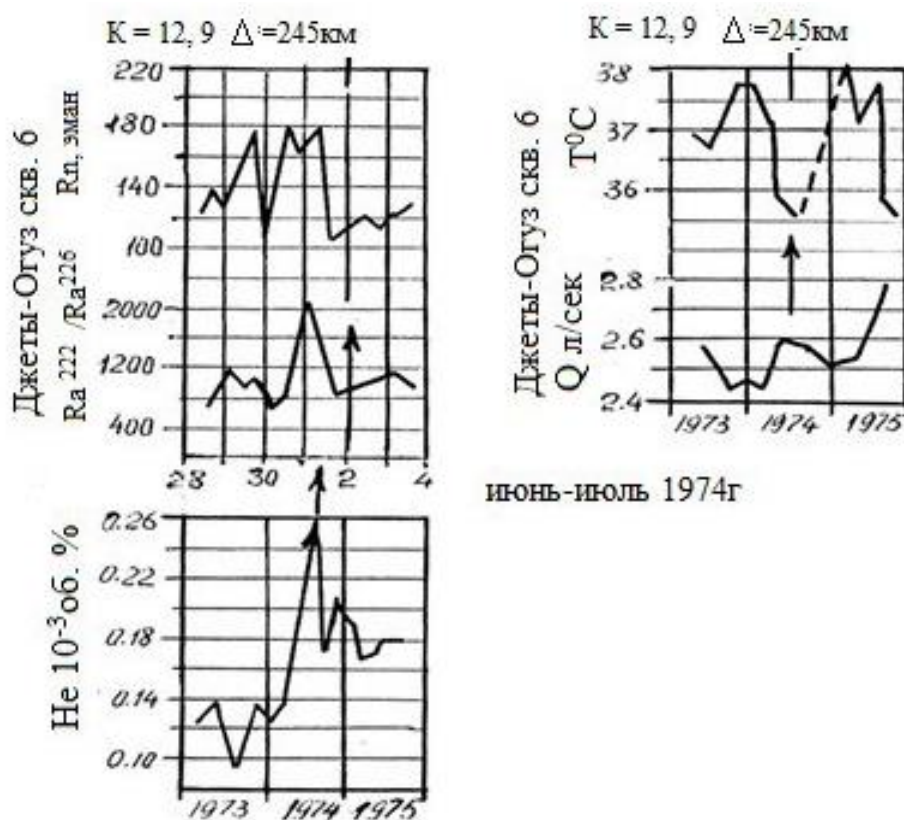


Рисунок 3. Временные вариации в скважине 6 ТМВ «Джеты-Огуз» в периоды до, во время и после Кочкорского землетрясения 02.07.1974 г. по [7].

В данном случае для интерпретации временных вариаций термоминеральных вод (ТМВ), в связи с разрядкой напряжённого состояния земной коры, был использован метод сопоставительного анализа, причём данные совмещаются с эпицентрами землетрясений, произошедшими в пределах координат, охватывающих зоны от Предтескейского разлома до акватории одноимённого озера. Определяемые параметры рассмотрены также в системе R-STERS, рассчитаны для краткосрочного прогноза сейсмических событий и позволяющие выявлять эффекты для периодов до, во время и после сильных землетрясений (с магнитудой более 5-6), но фиксация колебания гидродинамических параметров возможно и при сейсмичности с $M \leq 3.0-4.0$.

Значения относительных деформаций, отражающих направленность (растяжение-сжатие) и интенсивность напряжённо-деформационных процессов (градации в условных единицах с различным шагом), рассчитывают по формуле:

$$e = b/(b+(H_p - H_r)),$$

где e – значение относительной деформации (параметр напряжённости); b – база (поправочный коэффициент), равная 10; H_p – значение УПВ на начало

функционирования всех скважин в метрах; H_t – текущее значение УПВ в данной скважине (м).

По ним в периоды подготовки землетрясений формируются нестандартные вариации его тренда, которые относятся к аномалиям. Анализ тренда уровня воды направлен на выделение времени возникновения его нестабильного поведения. Она позволяет на основе нерегулярной сетки скважин строить графики с переходящими по степени интенсивности зонами. Максимальные и минимальные значения «е» на разные даты остаются неизменными. Это:

- синхронность хода кривых уровня подземных вод (УПВ) и атмосферного давления;
- аномальный подъём и спад УПВ с относительно большой амплитудой («бухты»), возможно, ступенчатое его понижение.

В первом приближении выявлено «ансамблевые» признаки сейсмичности. На рисунке 4 показаны временные графики по содержаниям радона станции «Алма-Арасан» и дебита скважины «Кара-Ой» (1998-2020), которые свидетельствуют об их схожести, но в обратной зависимости, причём время событий приходится на знакопеременные значения, как и при деформационных подвижках МОЗ. Предполагается, что разграничение границ в свойствах геолого-гидрогеологической среды, характерных для периодов до, во время и после реализации сейсмичности с $K \geq 10.0$, может послужить объяснением аномалий, не повторяющихся от одного землетрясения к другому как внутри блоков, так и в зонах сочленения разломов. Показано, что заметные вариации происходят от нескольких часов и 10-15 дней до разрядки события.

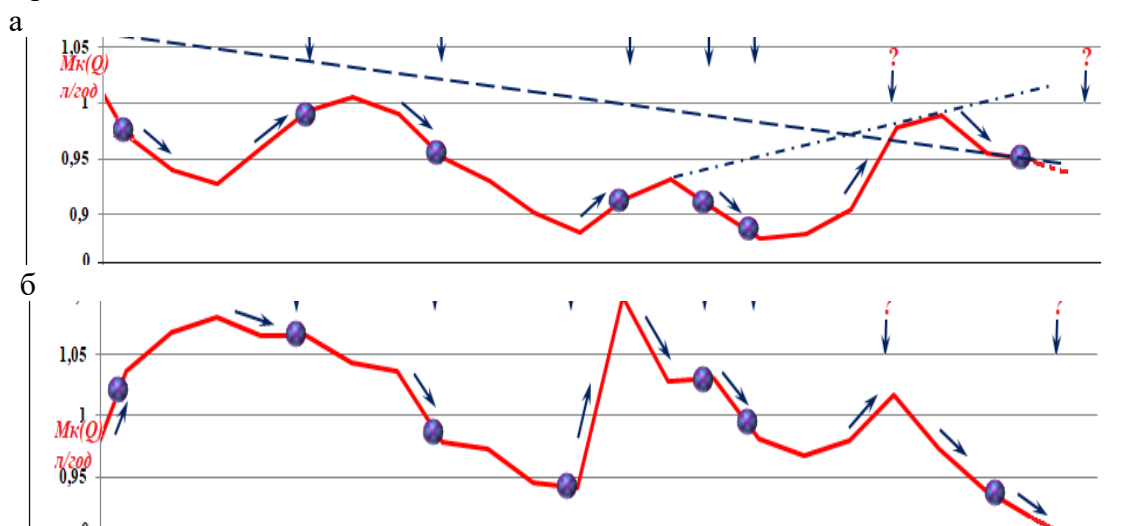


Рисунок 4. Сопоставление графиков содержания радона станции «Алма-Арасан» (а) и расхода скважины «Кара-Ой» (б) за 1998-2020 гг. Условные значения: стрелки сверху-вниз– время реализации (а) землетрясений ($K \geq 14.0$), а стрелки по кривым-ход траекторий (б) дебита; пунктирные линии- тренды.

Временные графики уровня подземных вод, атмосферного давления и температуры воды. Ход показателей по скважине глубиной 125 м на ГДО «Кара-Ой» распределяется по всем сезонам года плавно и равномерно (рисунок 5). Во временных вариациях скважины и атмосферного давления можно выделить ступенчатые переходы с одного уровня на другой, т.е. действительно, одновременно присутствуют воздействие

климатических факторов - оба параметра находятся в условиях, соответствующих естественному режиму.

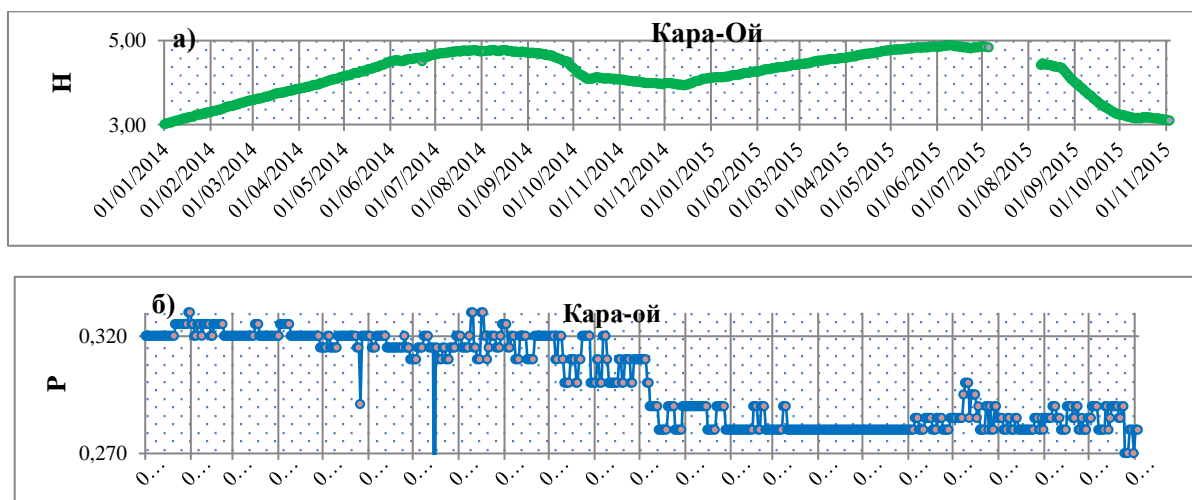


Рисунок 5. Временный ход по неглубокой скважине уровня воды (а) «Кара-Ой» и атмосферного давления (б).

Дело в том, что упавший уровень воды через небольшой скачок переходит на повышение, которое продолжается до зимнего периода, свидетельствующее об осеннем подъёме уровня грунтовых вод в соответствии с величинами атмосферного давления.

Пункт наблюдения «Каджи-Сай» в геологическом отношении приурочен к разлому северо-западного простираения, который отсекает древнюю денудационную поверхность горы Тегерек - широкую, пологую и слегка всхолмленную площадку, от крутого юго-западного склона, основание которого граничит с болотистым участком урочища Каджи-Саз.

При этом температурное поле в асейсмичные периоды хаотичное, т.е. имеет быстроменяющийся рисунок, тогда как перед сильным землетрясением формируются устойчивые во времени и пространстве структуры сжатия и растяжения [8].

На этой основе попытались учесть тензочувствительность наблюдаемых гидрогеологических эффектов. Обнаружено, что медленный вариант имеет сезонный характер, а второй появляется внезапно с длительностью около первых десятков суток. Кроме того, эти изменения, в большинстве случаев, имеют противоположные знаки, которые послужили основой раскрытия механизмов их формирования. В медленных изменениях гидрогеохимических и гидродинамических показателей преобладающим являются деформационный механизм, а при быстрых- внутриземный.

С нашей позиции, применяя такой подход, можно выявить главные причины неповторяющихся эффектов от одного землетрясения к другому, а именно, о многообразии предвестников, а также о тензочувствительности объектов, более точно, каждого пункта наблюдений.

Выводы

В откликах термоминеральных вод Кыргызстана фиксируются бухтообразные и ступенчатые, импульсные и скачкообразные вариации. Показано, что бухтообразные и ступенчатые эффекты, скорее всего, формируются за счёт деформационных усилий, определяющихся фильтрационными свойствами водовмещающих пород, тогда как

импульсные и скачкообразные аналогичные модели связаны с нарушением водопроницаемости пород.

Гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, не связанные с процессами подготовки сейсмических событий, являются одной из главных проблем прогноза землетрясений. В связи с этим, идентификация «ложных предвестников», основанная на понимании механизмов их образования и на представлениях о закономерных изменениях, может рассматриваться как одна из актуальных задач дальнейших исследований.

Литература

1. Куликов Г.В., Рыжов А.А., Гарифулин В.А., Лыгин А.М. Оценка геодинамической обстановки и сейсмической опасности по энергетическим параметрам и векторам напряжений гидрогеодеформационного поля //Разведка и охрана недр. -2010. -№ 7. –С. 19-24.
2. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений //Тектонофизическая концепция. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014.
3. Мархинин Е. К., и др. Зависимость химического состава термальных вод от сейсмической активности // Бюллетень вулканических станций, 1976. -№ 52. С. 34-41.
4. Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В. Основные результаты гидрогеологических исследований для прогноза сильных землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня // Вестник ИС НАН КР. 2013, №2. – С. 33-43.
5. Лукк А. А., Дещеревский А. В., и др. Вариации геофизических полей как проявления детерминированного хаоса во фрактальной среде. М., 1996. – 210С.
6. Войтов Г. И., Беликов В. М., Рудаков В. П. Рудбарское землетрясение 1990 г., в реакции некоторых параметров подземных водно-газовых систем Туркменской прогностической сети //ДАН. 1994. - Т. 335. -№ 2. - С. 217-221.
7. Кендирбаева Дж. Ж. Пространственно-временное взаимодействие в системе «сейсмичность-термальные воды- солнечная неоднородность» на территории Кыргызстана / Кендирбаева Дж. Ж. Вестник КРАУНЦ физико-математические науки. 2019. Т.29. № 4. С. 110-124.
8. Кендирбаева Дж. Ж. Типизация пространственно-временной морфологии гидрогеохимических и гидродинамических траекторий Кыргызстана при сейсмической активизации / Кендирбаева Дж. Ж. Сб. Всероссийской конф. с Международным участием. Шукинские чтения. 2020. С.160-167.
9. Кендирбаева Дж. Ж. и др. Результаты и перспективы сейсмогидрогеологического мониторинга на территории Северного Кыргызстана / Кендирбаева Дж. Ж., Гребенникова В.В. Сб. Межд. конференции «Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов». Бишкек. 2017. С. 184-189.
10. Кендирбаева Дж. Ж. Основные принципы регионального анализа гидрогеологической системы Кыргызстана как источника информации прогноза землетрясений //Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2013. № 2 (2). С.25-34.
11. Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В. О взаимосвязи геотермических условий и геохимической обстановки Кыргызского Тянь-Шаня. Сб.: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Екатеринбург. 2013. С. 145-147.
12. Кендирбаева Дж.Ж. Гидрогеохимические показатели разрывно-блоковой делимости Кыргызского Тянь-Шаня (на примере Иссык-Кульского артезианского бассейна) //Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2015. № 2 (6). С. 51-59.
13. Кендирбаева Дж.Ж. О геохимии термоминеральных вод и эндогенных флюидов Кыргызского Тянь-Шаня. В кн.: Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. 2017. С. 153-158.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Муралиев А.М.