УДК 551. 49 + 575. 2 + 550. 348

Научная статья

Идентификация гидрогеохимических и гидродинамических эффектов с проявлениями сейсмичности на территории Кыргызстана

Дж. Ж. Кендирбаева

Институт сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики, 720060, г.Бишкек, мкр. Асанбай, 52/1

E-mail: jumaevna48@gmail.com

Впервые обобщено данные пространственно-временной перестройки параметров термоминеральных вод (ТМВ) Кыргызстана, связанной с периодами до, во время и после сильных землетрясений, произошедших за 1970-2015 г. Это в условиях разрывно-блочной структуры способствует к оптимизации способов развертывания сети мониторинга и повышению надежного отделения полезного сигнала от «закономерных» помех. Показано, что гидроаномалии длительностью от первых часов и дней до нескольких месяцев, по формам и контрастности, не повторяясь от одного землетрясения к другому, возникают при сейсмических событиях при $K \geq 11$.

Ключевые слова: прогноз землетрясений, термоминеральные воды, предвестниковые и постсейсмические признаки, режимные наблюдения, гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, амплитуды и формы колебаний, родники и скважины, сейсмоактивный регион.

DOI: 10.26117/2079-6641-2020-33-4-209-223

Поступила в редакцию: 30.10.2020

В окончательном варианте: 23.11.2020

Для цитирования. Кендирбаева Дж. Ж. Идентификация гидрогеохимических и гидродинамических эффектов с проявлениями сейсмичности на территории Кыргызстана // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2020. Т. 33. № 4. С. 209-223. DOI: 10.26117/2079-6641-2020-33-4-209-223

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

© Кендирбаева Дж. Ж., 2020

Введение

Для расселения людей и возведения промышленно-гражданских сооружений необходимо, прежде всего, глубокие знания о динамике развития конкретного участка земной коры. В этих вопросах подземные воды выступают в роли «черного ящика», способного улавливать сигналы, идущие изнутри Земли, особенно, от процессов, нарушающих равновесие в самой среде. Так, об изменениях уровней и замутнениях цвета воды в колодцах и родниках перед землетрясениями было

Финансирование. Исследование выполнялось без финансирования.

известно уже на рубеже XIX-XX вв. Однако, официальным началом прогнозных работ можно считать Ташкентское сейсмическое событие 26 апреля 1966 года, когда узбекскими учеными обнаружены в подземных водах из известняков мелового возраста резкие изменения в концентрациях хлора и фтора, гидрокарбонатов и радона. Это послужило для сейсмоактивных регионов земного шара мощным толчком для организации мониторинговых наблюдений, направленных на прогноз землетрясений.

К сегодняшнему дню, благодаря комплексированию сведений по скорости миграции эпицентров и уровней подземной воды, реально предсказано землетрясение Хайченге в северо-восточной части Китая. Также следует отметить в этом плане результаты Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского в России, в которых гелиевые аномалии предложены в качестве краткосрочного предвестника, а подпочвенная ртуть — фиксатора о безвозвратном приближении по времени сейсмического толчка.

На территории Кыргызстана подобные исследования базируются большей частью 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. Этому в Кыргызском Тянь-Шане способствовал неотектонический этап, сформировавший такие геолого-тектонические структуры, куда избирательно за счет обновления древних и образования новых разрывов, внедряются флюиды, а атмосферные воды проникают на глубины, достаточные для нагрева [1].

Поэтому ниже для визуализации проявления гидрогеосейсмических эффектов приводится обобщенное описание их перестройки в системе «ТМВ- отклик-сейсмичность», а повышение достоверности обработки и интерпретации достигнуто путем сопоставительного анализа с данными подземных вод Казахстана, полученными во время афтершоков землетрясений, произошедших в приграничных зонах. В процессе установлена, несмотря на различные методы применения химических анализов, достаточно высокая сходимость о допустимых пределах чувствительности объектов (рис. 1).

Из Каталога землетрясений республики выбрано в пределах координат $\varphi = 42 - 43$ и $\lambda = 78 - 79^0$ 15 землетрясений с K от 7.1 до 10.4 (табл. 1).

Примечание: расстояние от эпицентров землетрясений $73^1 - 53^2 - 40^3 - 75^4$ до пунктов наблюдений ТМВ — ¹ Каракол; ² Джеты-Огуз; ³ Каджисай; ⁴ Кара-Ой; ⁵ Аламедин.

Это обусловлено тем, что общие конфигурации и районы сосредоточенности их эпицентров за последние сто лет практически не претерпели существенных изменений.

Исходные данные и методика исследований

В зонах дробления глубинных разломов, как указано в [3, 4], выяснено пространственно-временное распределение подземных вод, представленное в виде гидрогеологической системы, ранжированной по различным уровням на самостоятельные поля в зависимости не только от стратиграфической принадлежности, но и от структурно-тектонических особенностей водовмещающей

Рис. 1. Карта эпицентров сильных землетрясений Кыргызстана за 1970-2015 гг.

Таблица 1

Выписка из Каталога землетрясений Кыргызстана [2]

№	Год/мес/число	Координаты		Энергетический класс землетрясения Kr	Глубина H , км	Расстояние до землетрясения, L (км)
		φ	λ			
1	2015/03/10	42° 51'	77° 59'	9.1	19	50 ¹ – 65 ²
2	2015/04/29	42° 27'	78° 26'	7.6	19	5 ¹ – 20 ²
3	2015/05/06	42° 59'	78° 19'	7.7	17	51 – 202
4	2015/06/12	42° 24'	78° 26'	10.4	18	10 ¹ – 16 ² – 105 ³
5	2015/07/03	42° 38'	77° 34'	10.1	18	65 ² – 70 ⁴
6	2015/07/24	42° 59'	78° 32'	7.8	23	55 ¹ – 80 ²
7	2015/08/09	42° 55'	78° 36'	8.2	24	50 ¹ – 73 ²
8	2015/09/20	42° 52'	77° 52'	7.6	29	60 ¹ – 70 ² – 73 ⁴
9	2015/09/21	42° 15'	78° 14'	7.6	30	30 ¹ – 5 ² – 87 ³
10	2015/09/28	42° 07'	77° 41'	7.6	17	73 ¹ – 53 ² – 40 ³ – 75 ⁴
11	2015/10/01	42° 18'	78° 55'	8.1	9	48 ¹ – 54 ²
12	2015/10/22	42° 52'	77° 57'	8.4	12	56 ¹ – 68 ² – 78 ⁴
13	2016/02/13	42° 45'	79° 05'	9.6		92 ¹ – 138 ² – 234 ⁵ – 298 ³
14	2016/04/20	42° 55'	78° 11'	9.9	24	92 ¹ – 53 ² – 122 ⁵
15	2016/07/12	43° 00'	77° 27'	10.57	23	100 ² – 57 – 100 ³ – 196 ⁵
16	2016/08/26	42° 03'	78° 27'	9.6	17	27 ² – 108 ² – 110 ³ – 67 ⁵

среды. Этим представляется, что их комплексирование в этом формате может приблизить отделение режимобразующих параметров не только по глубоким скважинам, но и по родникам, особенно, для выявления реальных предвестниковых, ко- и постсейсмических признаков.

Итак, согласно [5] в идентификации предвестниковых, ко- и постсейсмических колебаний по гидрогеохимическим и гидродинамическим эффектам привлечены (рис. 1) Сары-Камышское с $M_w=7.2$ (1970) и Жалана-Тюпское с $M_w=6.9$ (1978), Барскаунское с $M_w=5.6$ (1980) и Байсоорунское с $Kr \geq 15$ (12.11.1990), Кочкор-Атинское с $Kr \geq 15$ (15.05.1992) и Суусамырское с $Kr \geq 17$ (19.08.1992), а также Сары-Джазское с $M_w=5.9$ (2013) землетрясения. К тому же в распоряжении имеются данные о вступлениях сейсмических волн, связанных с релаксацией 15 ощутимых ($M \geq 4$) событий с эпицентрами от 30 до 300 км и гипоцентрами от 10 до 25 км, описанное каждое из них в отдельности. Так, 7 землетрясений с Kr от 7 до 10.1 имеют глубины 17-18 км, а 6 с $Kr \approx 8.2 - 10.5$ расположены на глубинах от 9-12 до 24 км, а гипоцентры двух подземных толчков с $Kr \approx 7.6 - 7.7$ — от 19 до 30 км.

В 70-75-е годы прошлого столетия для решения задач, направленных на прогноз землетрясений, на территории Кыргызстана система специализированных наблюдений отсутствовала, но нами материалы частично заимствованы у [6], использовавшего в свою очередь, данные «Средазгеоминвод», который в течение длительного времени проводил режимные работы за физико-химическими параметрами ТМВ на курортах «Джеты-Огуз», «Джалал-Абад» и «Ак-Суу».

В настоящее время в соответствии о научном сотрудничестве поступают средние значения пунктов Алма-Арасан, Нижняя-Каменка, Тау-Тургень, Курам и Мерке из Казахстана, где ведутся непрерывные записи атмосферного давления и температуры воздуха, замеряемые у нас дискретно. Ежедневно сведения, указанные в табл. 2, заносятся в базы данных, а по каждому параметру в лаборатории определяются среднее значение – среднеквадратичное отклонение (δ) и коэффициенты вариации ($V = \delta/x \cdot 100$), а также для фильтрации в скользящем окне 30 и более суток вычисляется скользящее среднее. С помощью совмещения их на временных графиках с энергетическими классами землетрясений и эпицентрными расстояниями выявляются преобладающие тренды динамики перестройки. Поскольку для режима ТМВ вплоть до сотых долей в периоды сейсмического затишья характерна стабильность, то отклонения $X_{ан} \geq x \pm 2\delta$ за время $(t + t')$, полученные статистическими методами, приняты предвестниковым признаком. Их диагностика оценивается в формате доверительного коридора, например, изменения короткопериодных колебаний, укладывающиеся в его внутри-это закономерные «помехи», а максимальные амплитуды принимаются как аномальные. После очищения колебания временных рядов с помощью фильтра с полугауссоновским окном составляют 28, 14 и 7, а также кратные им [6-7]. Далее их распределение в пространственно-временном выражении анализируется в свете теории отражения и статистической информации, а также с учетом путей и источников поступления в пункты.

Выявляются между параметрами функциональные связи, доступные как визуальному определению, так и через закономерности, скрытые на выходе другими факторами. Еще принимают во внимание трудности решения задач из-за большого количества землетрясений, сосредоточенных по [8] на глубинах от 10 до 25 км, откуда прямые сведения не поступают.

Таблица 2

Наименование и метрологические характеристики параметров

№	Название параметров	Единица измерения	Методы определения	Погрешность	
				отн.	абс.
1	Водородный ион — рН	единиц	универсальный иономер ЭВ-74, ПДР 0.1	0.1 ед	
2	Карбонат-ион — CO_3^{-2}	мг/л	титрование соляной кислоты с индикатором фенолофталейна	4 мг/л	
3	Гидрокарбонат-ион — HCO_3^-	мг/л	титрование соляной кислоты с индикатором метиловый оранжевый	10 мг/л	
4	Хлор-ион — Cl^-	мг/л	оргентометрическое титрование, метод Мора	2 %	
5	Кальций-ион — Ca^{+2}	мг/л	комплексометрическое титрование с индикатором флуорексон или урексидом	3 %	
6	Магний-ион — Mg^{+2}	мг/л	расчетный способ	1.5 мг/л	
7	Углекислый газ — CO_2	об. процент	раствор щелочи с фенолофталейном	3 мг/л	
8	Дебит воды — Q	л/сек	измерение времени заполнения мерной ёмкости	—	0.05
9	Давление воды — Р воды	кгс/см ²	измерение манометром с ценой деления 0.1 кгс/см ²	—	0.1
10	Температура вод на изливе — T_0 воды	°С	измерение ртутным термометром с ценой деления 0.1 °С	—	0.1
11	Уровень воды — Н воды	метр.	гидрогеологическая рулетка (уровнемер) — хлопушка	± 1 см	
12	Атмосферное давление — Р атм.	гПа	барометр-анероид БАММ-1, барограф М-22АН	± гПа	

Полученные результаты и их обсуждение

Сегодня ТМВ региона используются в качестве источника информации о процессах, происходящих в земной коре, но для привязки к ним колебаний

которая из известняков карбона выводит ТМВ: температура увеличилась от 24.5 до 25.50 °С, тогда как дебит — от 2.63 до 3.26 л/сек, т.е. 1.5 раза от начального состояния.

Одновременно наблюдались скачкообразные мерцания в содержаниях радона: так, за 2-3 месяца фоновое количество около 80эман увеличилось 2 раза, но, спустившись перед толчком до 57 эман, через 1.5 месяца зафиксировано восстановление до фонового уровня.

Кочкорское землетрясение с $KR \geq 12.9$ ($M_w=4.9$) произошло 2 июня 1974 года в пределах зоны дробления одноименного глубинного разлома. Его интенсивность в эпицентральной области составила 6-7 баллов. Урано-изотопными отношениями в водах разломов Северного Кыргызстана выявлено, что указанному землетрясению предшествовали положительные аномалии. Например, сопоставляя показатели ТМВ «Аламедин» (скважина 915) и «Джеты-Огуз» (скважина 6), удаленных от эпицентра на 70 и 245 км соответственно (рис. 3), показано, что в первом случае частые колебания в содержаниях гелия и радона появились за 1.5-2 месяца, а в изотопных отношениях радия ($^{222}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) — за 2-3 дня до события.

Рис. 3. Вариации ТМВ "Джеты-Огуз" (скв. 6) до и после Кочкорского землетрясения 02.07.1974 по [6].

Что касается обстановки в другой скважине, то она совпадает с моментом реализации толчка, причем снижения температуры (до 20 °С) и дебита на 0.3л/сек, вернувшихся до и выше первоначального состояния, зафиксированы после него.

Жаланаш-Тюпское землетрясение с $M_w=6.9$ с $K \geq 15, 6$ произошло в восточном окончании хр. Кунгей Ала-Тоо, причем эпицентр находился в осевой части этого горного массива. Интенсивность его сотрясения в плейстосейстовой области составила 8.5 баллов.

Рис. 4. Временный ход содержания радона и фтора в скважинах 1 и 33 Казахстана (а), а также Ar^{40}/Ar^{36} в ТМВ Джеты-Огуз (б) до и после Жаланаш-Тюпского землетрясения

Как видно из рис. 4, перед афтершком в содержаниях радона и фтора скважин Казахстана зафиксированы аномалии. К примеру, в скважине 1, удаленной на 170 км от эпицентра, концентрация радона поднялась на 20 эман, достигнув к моменту разрядки до максимума, но таковое проявилось в скважине 33 только через два дня, а содержание фтора увеличилось от 6 до 8 мг/л ранее на три дня. Изменения по остальным параметрам не отмечены, за исключением скачков в концентрациях гидрокарбоната и карбоната, радона и CO_2 , а также температуры вод, зафиксированных перед афтершоком с $Kr \geq 11 - 12$ в Кыргызстане, причем за два дня содержание CO_2 увеличилось, а карбоната, снизилось.

При этом концентрация радона поднялась от 5 до 14 эман, что длительное время, т.е. в периоды сейсмического затишья не наблюдадась (рис. 5).

За 3 месяца температура воды в скважине 20 «Джеты-Огуз», удаленной на 60 км от эпицентра, повысилась на 30 °С, а за 1-2 месяца в скважине 6-к «Иссык-Ата», отдаленной на 300 км, пьезометрический уровень снизился на 0.2-0.8 м, сопровождавшее колебание давления в течение месяца. Но в начале мая последнее увеличилось от 0.1 до 0.4 м, а 15 мая произошло, как видно из рис. 5, землетрясение с $Kr = 11.5$ с эпицентром в 10 км от ТМВ.

Следующее событие — Баканасское землетрясение с Kr более 14 ($M = 6.1$), произошедшее 25 сентября 1979 года в пределах координат $\varphi = 45^{\circ}00$ и $\lambda = 77^{\circ}00$. Его сотрясение в эпицентре ощущалась 6-7 баллов, а в районе ТМВ «Кара-Ой», удаленного на 230 км — 4 балла. За несколько дней до события в режиме этой

Рис. 5. Вариации давления в скважинах "Иссык-Ата" (≥ 300 км) до Жаланаш-Тюпского землетрясения и во время его афтершока с $Kr = 11.5$.

воды (рис. 6) началось повышение в концентрации хлора от 950 до 1100 мг/л, самый высокий уровень которой- в пределах 1050-1100 мг/л сохранялся до конца года.

Рис. 6. Вариации ТМВ «Кара-Ой» и «Курское» до и после Баканасского землетрясения 25.09.1979

При этом содержание сульфата накануне также возросло от 75 до 85 мг/л, у которого максимум задержался на две сутки. Также за 4 дня до события, концентрации карбоната и гидрокарбоната сохраняли резко снизившийся уровень до конца года.

Что касается содержания радона, то увеличение совпадает с его реализацией: например, на фоне 8.0 эман к 27 сентября количество достигает до 16. Практически аналогичная обстановка обнаружена и по всем параметрам в скважине «Курское», находящейся в 8 км от ТМВ «Кара-Ой», к примеру, хлор повышается до 170 против 130 мг/л. В это же время известны изменения в содержаниях сульфата, хлора и радона ТМВ «Иссык-Ата», удаленного на 230 км от эпицентра. Так (мг/л), за 5 дней — с 19 сентября содержание сульфата повысилось от 70 до 93.2, а максимум зафиксирован 21-го числа, тогда как хлора (до 42.5) — 26 сентября, причем радон, поднявшийся в августе, увеличился 2 раза, но его спуск до минимума приходится к моменту реализации. Также узбекские ученые на примере скважины № 6 «Джеты-Огуз», удаленной на 310 км от эпицентра, сообщили об ускорении поступления изотопа аргона (Ar^{40}) и утяжелении состава CO_2 по углероду (рис. 7).

Рис. 7. Вариации содержания хлора и температуры ТМВ «Иссык-Ата» (а) и «Джеты-Огуз» (б) до и после Баканасского землетрясения 25.09.1979

По максимальной амплитуде коэффициентов барометрической и приливной эффективности можно проследить воздействие атмосферного давления и приливообразующих сил, причем при превышении приливной эффективности над барометрической характеристикой наибольшее колебание учитывается для периодов ново- и полнолуния раздельно, а если наоборот, то при максимальных перепадах атмосферного давления.

Следующий пример — Барскаунское землетрясение, произошло 05.07.1980 с K более 13.8 ($M = 5.6$), т.е. интенсивностью 6 баллов. Его эпицентр находился на северном склоне хр. Тескей Ала-Тоо. За 20 дней концентрации радона, хлора и карбонатного равновесия в большинстве пунктах наблюдались резкие мерцания, причем их амплитуды на близких к эпицентру участках были намного контрастнее, т.е. ТМВ «Иссык-Ата» (рис. 8), тогда как в содержаниях хлора, карбоната и кальция ТМВ «Джеты-Огуз», находящегося в удалении на 80 км, где сила ощущалась около 5 баллов, всплески отмечались на 3-8 дней раньше.

Рис. 8. Вариации содержания хлора и кальция в ТМВ «Иссык-Ата» до и после Барскаунского землетрясения с $K \geq 13.8$ 05.07.1980.

В этом плане интересны радоновые аномалии, которые 12-26 июня испытывали повышение от 170 до 380 эман, что к 28 июня снизились до 100 эман. Здесь предвестниковые признаки радона длились около 12 дней.

Байсоорунское землетрясение с $K \geq 15$ (12.11.1990) с интенсивностью 7-8 баллов, изучаемые параметры показаны на рис. 9.

Рис. 9. Вариации ТМВ «Джеты-Огуз» до и после Байсоорунского землетрясения с $Kr = 15$.

За 1-2 месяца до землетрясения однозначно предвелялось предвестниковые признаки во всех наблюдательных пунктах Иссык-Кульской впадины. Например, за 3 месяца существенное изменение зафиксировано в ионно-солевом составе ТМВ «Кара-Ой», находящегося в 85 км от эпицентра: концентрация сульфата снизилась от 720 до 600 и ниже мг/л, а через 4 месяца хлора — от 540 до 600, против фона составив разницу 20 процентов. Резким снижением в начале октября отмечена реакция карбоната в виде пилообразной вибрации. Здесь через месяц после землетрясения на фоне противофазного поведения сульфатов и хлора карбонатное равновесие восстановилось до первоначального уровня.

Наряду с этим, по данным скважины 6 ТМВ «Джеты-Огуз», удаленной на 75 км, наблюдались четкие эффекты. Так, в сентябре 1990 года стабильное содержание CO_2 отчетливо отклонилось, т.е. снизившееся на 3-4 мг/л к началу октября повысилось до 20-24, составив 25-50 процентов от фона, хотя затем спустилось до 10 мг/л. При этой обстановке, конечно же, закономерно нарушение карбонатного равновесия — гидрокарбонаты при фоновом значении 30 увеличилось до 36 мг/л, тогда как в содержании хлора 560 мг/л в течение октября-ноября ярко отмечен положительный эффект.

Вышеприведенное позволяет допустить, что по всем параметрам прослеживаются как средне-, так и краткосрочные предвестниковые, особенно, ко- и постсейсмические вариации разной направленности. 19 августа 1992 года в Арамсуйской впадине произошло Суусамырское землетрясение с интенсивностью в эпицентре 9 баллов. Его влияние на физико-химические показатели ТМВ «Иссык-Ата», где, сотрясение было 7 баллов, определено по содержаниям хлора и кальция, причем изменилось температура и количество углекислого газа после события (рис. 10).

Рис. 10. Временные вариации гидродинамических параметров в неглубоких скважинах «Иссык-Ата» и «Аламедин» перед Суусамырским землетрясением 19.08.1992.

Резко меняются значения дебита и избыточного давления в скважине ТМВ «Аксу», а уровень воды в скважине «Джалал-Абад» снизился на 4 см, чего в скважинах «Джеты-Огуз» не обнаружено, которые совпали с реализацией данного землетрясения. С этим сейсмическим толчком связаны значительные вариации компонентов во всех пунктах наблюдений. Так, аномалии в ТМВ «Аламедин» и «Иссык-Ата», возникшие к моменту его реализации, продолжались в период афтершоковой деятельности, а также из-за регулировки дебита скважин.

Выводы

Признаки предвестниковых, ко- и постсейсмических скачков улавливаются во всех ТМВ Кыргызстана. При этом в подавляющем большинстве амплитуды колебаний ниже 10процент приходятся на объем технической регулировки режима

эксплуатации скважин, а также на сезонной смены условий, с которых ведутся мониторинговые наблюдения, а выше 10 процент совпадают с накоплением и реализацией внутри земных напряжений с $KR = 11.0$. Поэтому этот уровень гидровариаций представляется в качестве границы отделения предвестникового признака о будущих землетрясениях.

В то же время достижение результативности поисков полезного сигнала, связанного с обменом энергии и вещества в глубинных зонах земной коры и мантии, возможно лишь на основе многократной фиксации повторяющейся общности эффектов в самых различных регионах земного шара. Сегодня это серьезно осложнено из-за трудности оценки природы и механизма их появления в наблюдаемых разрезах и недостаточной изученности землетрясений. К тому же пока прямых способов их измерения нет. Главное, как считает также [17], гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, не учитывая четкой реакции ТМВ «Джеты-Огуз» на Баканасское землетрясение (рис. 8), совпадающие с периодами подготовки и реализации сейсмических событий с $KR \geq 10.8$, отражают трансформации природно-техногенных комплексов. В связи с этим необходимо внести сведения о фрактальном строении объектов изучения по всем составляющим.

Конкурирующие интересы. Конфликтов интересов в отношении авторства и публикации нет.

Авторский вклад и ответственность. Автор участвовал в написании статьи и полностью несет ответственность за предоставление окончательной версии статьи в печать.

Список литература/References

- [1] Кендирбаева Дж. Ж., “К дискретности гидрогеологических условий в свете разрывно-блоковой делимости Кыргызского Тянь-Шаня”, *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей*, 2017, 206–210. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “K diskretnosti gidrogeologicheskikh usloviy v svete razryvno-blokovoy delimosti Kyrgyzskogo Tyan’-Shanya”, *Glubinnoye stroyeniye, geodinamika, teplovoye pole Zemli, interpretatsiya geofizicheskikh poley*, 2017, 206–210 (in Russian)].
- [2] *Каталог землетрясений Института сейсмологии НАН КР, 1970-2015*. [*Katalog zemletryasenyi Instituta seysmologii NAN KR, 1970-2015* (in Russian)].
- [3] Иманкулов Б. И., Кендирбаева Дж. Ж., Кожакоева Н. К., “Разломная гидрогеологическая система Кыргызского Тянь-Шаня как отражение влияния эндогенных и экзогенных факторов.”, *Известия НАН Республики Казахстан*, 2006, 138–145. [Imankulov B. I., Kendirbayeva Dzh. Zh., Kozhakova N. K., “Razlomnaya gidrogeologicheskaya sistema Kyrgyzskogo Tyan’-Shanya kak otrazheniye vliyaniya endogennykh i ekzogennykh faktorov.”, *Izvestiya NAN Respubliki Kazakhstan*, 2006, 138–145 (in Russian)].
- [4] Иманкулов Б. И., Кендирбаева Дж. Ж., “Об исследовании подземных вод межгорных впадин Кыргызстана в свете общей теории систем”, *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей*, 2017, 197–200. [Imankulov B. I., Kendirbayeva Dzh. Zh., Kozhakova N. K., “Razlomnaya gidrogeologicheskaya sistema Kyrgyzskogo Tyan’-Shanya kak otrazheniye vliyaniya endogennykh i ekzogennykh faktorov.”, *Izvestiya NAN Respubliki Kazakhstan*, 2006, 138–145 (in Russian)].
- [5] Быков В. Г., “Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели”, *Геология и геофизика*, **46**:11 (2005), 1176–1190. [Bykov V. G., “Deformatsionnyye volny Zemli: kontseptsiya, nablyudeniya i modeli”, *Geologiya i geofizika*, **46**:11 (2005), 1176–1190 (in Russian)].
- [6] Оролбаев Э. Э., “Первые результаты исследований режима подземных вод с целью поиска гидрогеодинамических предвестников землетрясений на территории Киргизии”, *Гидрогеодинамические предвестники землетрясений*, 1984, 50–65. [Orolbayev E. E., “Pervyye rezul’taty issledovaniy rezhima podzemnykh vod s tsel’yu poiska gidrogeodinamicheskikh predvestnikov zemletryasenyi na territorii Kirgizii”, *Gidrogeodinamicheskiye predvestniki zemletryasenyi*, 1984, 50–65 (in Russian)].

- [7] Кендирбаева Дж. Ж., “Результаты и перспективы сейсмогидрогеологического мониторинга на территории Северного Кыргызстана”, *Материалы Международного симпозиума*, 2017, 184–189. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “Rezultaty i perspektivy seismogidrogeologicheskogo monitoringa na territorii Severnogo Kyrgyzstana”, *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma*, 2017, 184–189 (in Russian)].
- [8] Кендирбаева Дж. Ж., Гребенникова В. В., “Результаты гидродинамического мониторинга в Кыргызстане”, *Вестник Института сейсмологии НАН КР*, 2015, 46–54. [Kendirbayeva Dzh. Zh., Grebennikova V. V., “Rezultaty gidrodinamicheskogo monitoringa v Kyrgyzstane”, *Vestnik Instituta seysmologii NAN KR*, 2015, 46–54 (in Russian)].
- [9] Иманкулов Б. И., Кендирбаева Дж. Ж., “К проблеме охраны и рационального использования водных ресурсов Кыргызстана”, *Гидрометеорология и экология*, 2006, 98–103. [Imankulov B. I., Kendirbayeva Dzh. Zh., “K probleme okhrany i ratsional’nogo ispol’zovaniya vodnykh resursov Kyrgyzstana”, *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 2006, 98–103 (in Russian)].
- [10] Иманкулов Б., Кендирбаева Дж. Ж., “К вопросам исследования вероятности распределения водного стока Кыргызстана в условиях неопределенности климатических изменений и повышения техногенной нагрузки”, *Вестник Кыргызского Национального аграрного университета им. К. И. Скрябина*, 2018, 130–136. [Imankulov B., Kendirbayeva Dzh. Zh., “K voprosam issledovaniya veroyatnosti raspredeleniya vodnogo stoka Kyrgyzstana v usloviyakh neopredelennosti klimaticheskikh izmeneniy i povysheniya tekhnogennoy nagruzki”, *Vestnik Kyrgyzskogo Natsional’nogo agrarnogo universiteta im. K. I. Skryabina*, 2018, 130–136 (in Russian)].
- [11] Иманкулов Б. И., Кендирбаева Дж. Ж., “Трансформация гидрогеологических условий Кыргызстана”, *Известия ВУЗов*, 2005, 108–109. [Imankulov B. I., Kendirbayeva Dzh. Zh., “Transformatsiya gidrogeologicheskikh usloviy Kyrgyzstana”, *Izvestiya VUZov*, 2005, 108–109 (in Russian)].
- [12] Кендирбаева Дж. Ж., “Об основных процессах к интерпретации гидрогеохимических изменений в целях прогноза землетрясений: анализ и синтез практики и знаний”, *Вестник Института сейсмологии НАН КР*, 2014, 51–60. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “Ob osnovnykh protsessakh k interpretatsii gidrogeokhimicheskikh izmeneniy v tselyakh prognoza zemletryaseniy: analiz i sintez praktiki i znaniy”, *Vestnik Instituta seysmologii NAN KR*, 2014, 51–60 (in Russian)].
- [13] Кендирбаева Дж. Ж., “Пространственно-временное взаимодействие системы «сейсмичность-термальные воды-солнечная неоднородность» на территории Кыргызстана”, *Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки*, **24:4** (2019), 110–124. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “Prostranstvenno-vremennoye vzaimodeystviye sistemy «seysmichnost’-termal’nyye vody-solnechnaya neodnorodnost’» na territorii Kyrgyzstana”, *Vestnik KRAUNTS. Fiziko-matematicheskiiye nauki*, **24:4** (2019), 110–124 (in Russian)].
- [14] Кендирбаева Дж. Ж., “Особенности временного хода параметров термоминеральных вод Кыргызстана в периоды Сары-Джазского (Кокпакского) землетрясения”, *Вестник Института сейсмологии НАН КР*, 2017, 44–53. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “Osobennosti vremennogo khoda parametrov termomineral’nykh vod Kyrgyzstana v periody Sary-Dzhazskogo (Kokpakskogo) zemletryaseniya”, *Vestnik Instituta seysmologii NAN KR*, 2017, 44–53 (in Russian)].
- [15] Кендирбаева Дж. Ж., “Гидротермальные системы Кыргызского Тянь-Шаня как отражение теории пульсирующей Земли”, *Геотермальная вулканология, гидрогеология и геология нефти и газа*, Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Петропавловск-Камчатский, 2019, 171–175. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “Gidrotermal’nyye sistemy Kyrgyzskogo Tyan’-Shanya kak otrazheniye teorii pul’siruyushchey Zemli”, *Geotermal’naya vulkanologiya, gidrogeologiya i geologiya nefi i gaza*, Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2019, 171–175 (in Russian)].
- [16] Кендирбаева Дж. Ж., Гребенникова В. В., “Пространственно-временная динамика сейсмогидрогеологического «интерьера» Кыргызстана”, *Вестник Института сейсмологии НАН КР*, 2018, 41–50. [Kendirbayeva Dzh. Zh., Grebennikova V. V., “Prostranstvenno-vremennaya dinamika seismogidrogeologicheskogo «inter’yera» Kyrgyzstana”, *Vestnik Instituta seysmologii NAN KR*, 2018, 41–50 (in Russian)].
- [17] Кендирбаева Дж. Ж., “Фрактальность подземных вод Кыргызстана для прогноза землетрясений”, *Булатовские чтения*, 2020, 110–116. [Kendirbayeva Dzh. Zh., “Fraktal’nost’ podzemnykh vod Kyrgyzstana dlya prognoza zemletryaseniy”, *Bulatovskiye chteniya*, 2020, 110–116 (in Russian)].

MSC 86A15

Research Article

Identification of hydrogeochemical and hydrodynamic effects with manifestations of seismicity in the territory of Kyrgyzstan

J. Zh. Kendirbaeva

Institute of Seismology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
720060, Bishkek, Asanbai 52/1

E-mail: jumaevna48@gmail.com

For the first time, the data of the spatial and temporal restructuring of the parameters of thermal mineral waters (TMW) of Kyrgyzstan, associated with the periods before, during and after the strong earthquakes that occurred in 1970-2015, were generalized. reliable separation of the useful signal from "regular" interference. It is shown that hydroanomalies lasting from the first hours and days to several months, in terms of shapes and contrast, without repeating from one earthquake to another, arise during seismic events at $K \geq 11$.

Key words: earthquake forecast, thermal mineral waters, precursor and postseismic signs, routine observations, hydrogeochemical and hydrodynamic effects, amplitudes and modes of oscillations, springs and wells, seismically active region.

DOI: 10.26117/2079-6641-2020-33-4-209-223

Original article submitted: 30.10.2020

Revision submitted: 23.11.2020

For citation. Kendirbaeva J. Zh. Identification of hydrogeochemical and hydrodynamic effects with manifestations of seismicity in the territory of Kyrgyzstan. *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2020, **33**: 4, 209-223. DOI: 10.26117/2079-6641-2020-33-4-209-223

Competing interests. The author declare that there are no conflicts of interest regarding authorship and publication.

Contribution and Responsibility. The author contributed to this article. The author is solely responsible for providing the final version of the article in print. The final version of the manuscript was approved by the author.

The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

© Kendirbaeva J. Zh., 2020

Funding. This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.