

УДК 550.348; 556.3; 550.4

Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В.
Институт сейсмологии НАН КР
Бишкек, Кыргызстан

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СЕЙСМОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО «ИНТЕРЬЕРА» КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация. Приведены некоторые данные пространственно-временных гидроаномалий, связанных с периодами до, во время и после землетрясений с $K_p \geq 12.0$, произошедших за 2012-2016 гг. на территории Кыргызстана и приграничных районов с привлечением числа Вольфа (W)- индекса солнечной активности. Выяснилось, что в Кыргызстане периоды его снижения совпадают с землетрясениями с $K_p \geq 13.6$, произошедшими за 1981-2017 гг. Примером послужила пространственно-временная динамика гидроаномалий в роднике «Сопу-Курган», а также в термоминеральных водах станций «Джеты-Огуз» и «Каджи-Сай», расположенных в Ошской и Иссык-Кульской областях Кыргызстана соответственно.

Ключевые слова: газо-химический состав, многолетний разрез, эпицентры землетрясений, статистический анализ, коэффициенты вариации и корреляции, временные ряды, предвестниковые признаки, число Вульфа, солнечная активность.

КЫРГЫЗСТАНДЫН СЕЙСМОГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫК «ИНТЕРЬЕРИНИН» МЕЙКИНДИК-УБАКЫТ ДИНАМИКАСЫ

Кыскача мазмуну. Кыргызстандын жана анын чектеш райондорунун аймактарында Вольф саны (W) – күн активдүүлүгүнүн индексин тартуу менен 2012-2016-жж. ичинде өткөн $K_p \geq 12.0$ жер титирөөлөрүнө чейин, алардын убагында жана кийинки мезгилдер менен байланышкан мейкиндик-убакыт гидроаномалияларынын айрым маалыматтары келтирилген. Кыргызстанда анын төмөндөө мезгилдери 1981-2017-жж. өткөн $K_p \geq 13.6$ жер титирөөлөрү менен дал келе тургандыгы аныкталган. Мисал болуп Ош жана Ысык-Көл областтарында тиешелүүлүгүнө жараша жайгашышкан «Сопу-Курган» булагында, ошондой эле «Жети-Өгүз» жана «Кажы-Сай» термоминералдык сууларындагы гидроаномалиялардын мейкиндик-убакыт динамикасы кызмат кылган.

Негизги сөздөр: газ-химиялык курам, көп жылдык кесилиш, жер титирөөлөрдүн эпитермолору, статистикалык талдоо жүргүзүү, вариация жана корреляция коэффициенттери, убакыт катарлары, боло тургандыгынын белгилери, Вульф саны, күн активдүүлүгү.

SPACE-TEMPORARY DYNAMICS OF THE SEISMOGIDROGEOLOGICAL INTERIOR OF KYRGYZSTAN

Abstract. Some data of spatio-temporal hydroanomalies associated with the periods before, during and after earthquakes with $K \geq 12.0$, which occurred in 2012-2016 on the territory of Kyrgyzstan and adjacent regions with the involvement of the Wolf number (W), the index of solar activity, are presented. It found out that in Kyrgyzstan the periods of W decline coincide with earthquakes with $K \geq 13.6$, which occurred in 1981-2017. An example was the spatial and temporal dynamics of hydroanomalies in the «Sopu-Kurgan» spring, as

well as in the thermomineral waters «Djety-Oguz» and «Kadji-Say» stations, located in the Osh and Issyk-Kul regions of Kyrgyzstan.

Keywords: gaseous chemical composition, long-term section, earthquake epicenters, statistical analysis, variation and correlation coefficients, temporary raws, precursoring indicators, Wolf number, solar activity.

Состояние вопроса. В нашей республике функционирует гидрогеосейсмологическая сеть, состоящая из 8-ми наблюдательных пунктов, от которых набор информации, в т.ч. и метеорологические сведения (температура воздуха, влажность почвы и скорость ветра) в виде числовых потоков поступают в лабораторию для научного анализа (рис. 1). В результате многолетнего изучения установлена хорошая согласованность временных вариаций гелия, углерода, радона и изотопов некоторых элементов с периодами сейсмической активизации. В то же время их суточный ход находится под непрерывным действием режимобразующих факторов, к которым относятся фазовые различия лунно-солнечных приливов, сезонное функционирование источника питания и техническая регулировка скважин. Результативности гидрогеосейсмологических методов на близкие и удаленные события посвящено много работ. Однако, в откликах подземных вод, сопряжённых с процессами, происходящими в глубоких частях земной коры, идентичность в характере, контрастности и длительности не повторяется от одного землетрясения к другому [1, 2].



Рис. 1. Схема гидрогеосейсмологической сети Института сейсмологии НАН КР по состоянию на 2017 г.: 1- «Эркин-Сай», 2 – «Бишкек», 3 – «Аламедин», 4 – «Кара-Ой», 5 – «Каракол», 6 – «Джеты-Огуз», 7 – «Каджи-Сай», 8 – «Сопу-Коргон».

Методика исследований. С нашей позиции к параметрам гидрогеологического «интерьера» относятся физико-химические показатели подземных вод, характерные для конкретного геолого-геохимического разреза, пределы их изменчивости и устойчивости к возмущающим действиям, например, после смены сезонности и реализации землетрясений, возврат в прежнее состояние. При этом способность изменять свое управляемое и самоуправляемое состояние под воздействием внешних и внутренних сил - эта реакция «интерьера» к динамике гидрогеологического разреза, а

когда к отклонениям привязываются процессы сейсмической активизации, то при их интерпретации учитываются физические перемещения и химические превращения, происходящие в самой среде. Границами «интерьера» служат набор и количество определяемых показателей, объединённые по типам циркуляции - трещинный и пластовый, по минерализации - пресная и рассольная, по динамике движения - грунтовая и напорная, по температуре - холодная и термальная.

В работе [4] при сопоставлении колебания ежегодных максимальных магнитуд M_w землетрясений Земного шара за 1900-2014 гг. по [5] с числами Вольфа (W) по [6] отмечено, что максимумам солнечной активности часто соответствуют снижение силы сильных землетрясений ($M_w \geq 8.0$).

Ниже приведены некоторые результаты пространственно-временных вариаций, поступающих с гидрогеосейсмологических пунктов в периоды до, во время и после землетрясений с $K_p \geq 12.0$, произошедших на территории Кыргызстана и приграничных районов за 2012-2016 гг. Выборка сейсмических событий проводилась из [2] с учётом эпицентрального расстояния (не более 180 км).

Полученные результаты. С учётом вышесказанного, режим перестройки объектов наблюдений проанализирован в свете многоаспектности путей и источников поступления информации, а их набор рассмотрен как суммарный эффект факторов, образующий сложно построенный вещественный «интерьер» в слоях земной коры разного возраста и происхождения.

Пространственно-временная динамика изменений рассмаривается по данным режима пунктов наблюдений «Сопу-Курган», «Каджи-Сай» и «Джеты-Огуз», расположенных в Ошской и Иссык-Кульской областях соответственно. В первом случае участвуют температура и расход воды, режим которой находится под активным влиянием атмосферных процессов, а во втором - две скважины с уникальными ТМВ из группы «Терской гидротермальной линии», приуроченной к зоне Предтерской разлома [2]. Вода в роднике «Сопу-Курган» в многолетнем разрезе характеризуется температурой, колеблющейся от 14.6 до 15°C при расходе - от 0.41 до 0.43 л/сек, которая в среднемесечном разрезе характеризуется ступенчатым характером с длительностью от 15-20 до 30 дней, причём максимум, связанный с тёплым периодом, сменяется понижением к концу года, изменяясь от 0.1 до 0.3⁰ (рис. 1).

В целом по среднегодовым кривым за 2012-2017 гг. можно сказать о наличии решающей роли сезонной цикличности, на фоне которой проявляются случайные всплески различной контрастности, которые, совпадая с периодами до, вовремя и после землетрясений с $K_p \geq 12.0$, неоднозначны без учёта среднегодовых чисел Вольфа (рис. 1).

В наблюдаемом роднике «Сопу-Курган» с 2012 г. по май 2017 г. зафиксированы аномалии, находящиеся в прямой зависимости от эпицентрального расстояния (R , км) и интенсивности сотрясения, эпицентр которого расположен в районе родника. При землетрясении 2.03.2012 г. с $K_p=12.2$ и $R=74$ км, произошедшего на территории Китая, интенсивность сотрясения была 3 балла, а 17.11.2015 г. при Талдыкском землетрясении с $K_p=14.1$ и $R=44$ км, произошедшего на территории Кыргызстана, интенсивность составила 5.1 баллов (рис. 2). Так, перед Талдыкским (17.11.2015 г.) и Кызыл-Артским (26.06.2016 г.) толчками (рис. 3), а также до землетрясений, произошедших в мае месяце 2017 года, произошло нарушение закономерных максимумов летне-осенней цикличности, а именно, сменой на случайные минимумы с бухто- и корытообразными формами, связанные с периодами сейсмической активизации в этом регионе. Об этом свидетельствуют также коэффициенты корреляции между температурой и расходом воды в этом роднике, рассчитанные с 01.01.2015 г. по 30.06.2017 г. Например, коэффициент корреляции между ними в 2015г., имевший отрицательное значение (-0.3), в 2016 г. переходит на обстановку положительной связи (0.2), достигая 0.4 в

2017 г. При этом, по среднемесячным данным каждого из них установлены высокие корреляционные связи с солнечной активностью, снижающиеся от 0.64 (2015 г.) через - 0.12 (2016 г.) до -1 (2017 г.).

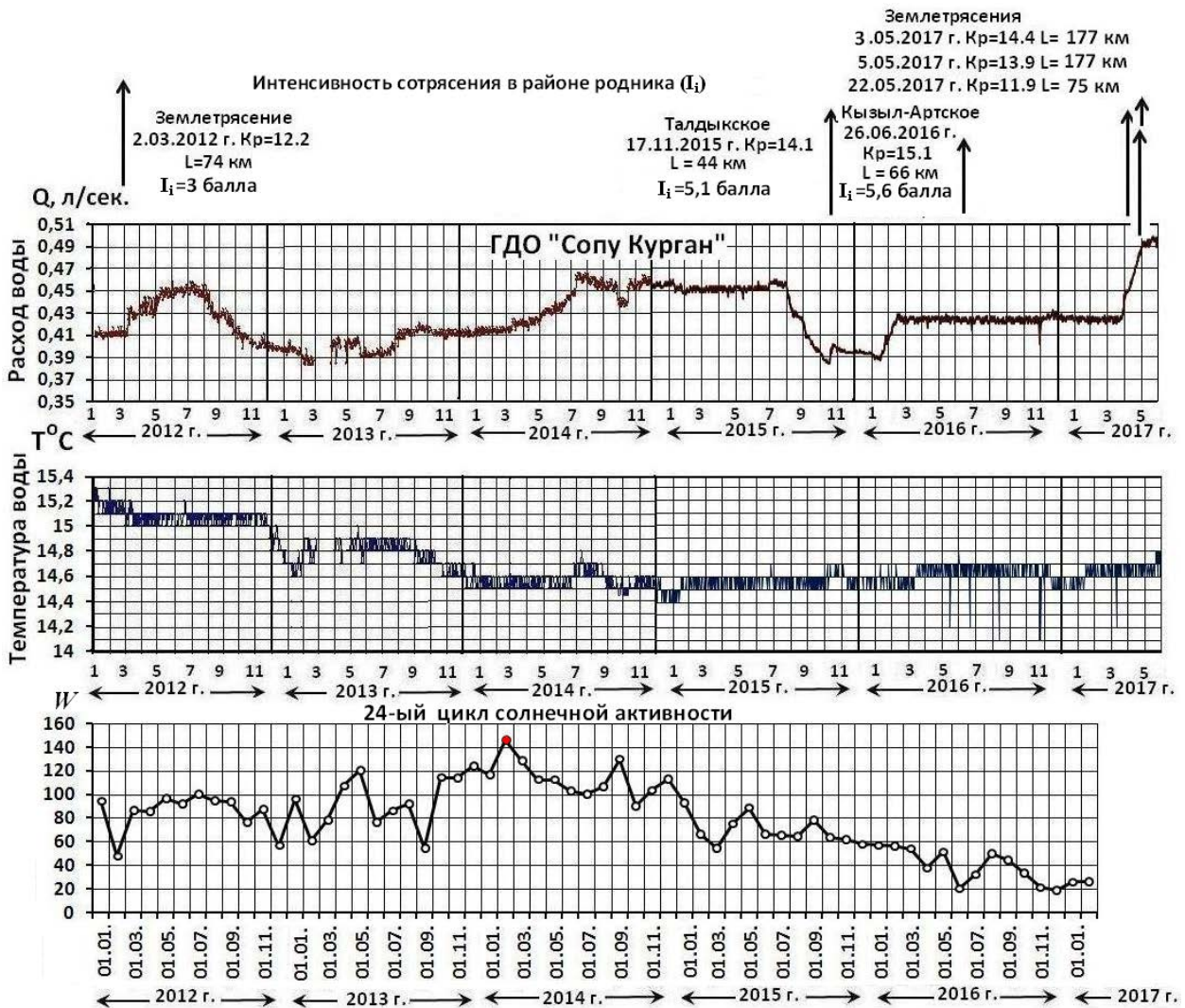


Рис. 1. Сопоставление временных изменений гидродинамических параметров в роднике «Сопу-Курган», среднегодовых чисел Вольфа (красной точкой отмечен год максимума 24-го цикла солнечной активности) и землетрясений за 2012 г. по май 2017 г.

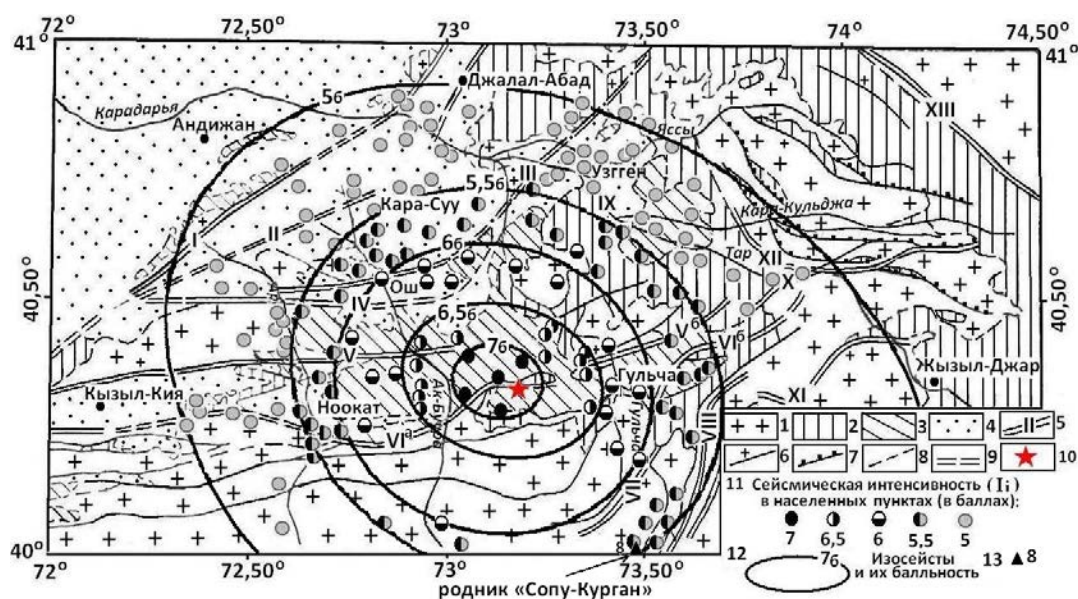


Рис. 2. Теоретические изосейсты Талдыкского землетрясения 17.11.2015 г., с $K_p=14.1$, $I_0=7.0$ баллов по [7] на фрагменте карты Южно-Ферганской подзоны по [8]. Условные обозначения: отложения (1-4): 1 - палеозой, 2 - мезозой и палеоген, 3 - олигоцен-неоген, 4 - плиоцен-плейстоцен. 5 – краевые разломы: I – Северо-Кувинский, II – Южно-Кивинский, III – Мадинско-Талдысуйский, IV – Кенешский, V^a – Катарский, V^б – Алдыярский, VI^a – Южно-Наукатский, VI^б – Джусалинский, VII – Гульчинский, VIII – Кичик-Алайский, IX – Варухский, X – Предтуркестанский, XI – Ойталыский, XII – Тарский, XIII – Таласо-Ферганский; 6 - взбросы; 7 - поддвиги; 8 - 9 разрывы; 10 - эпицентр Талдыкского землетрясения 17.11.2015 г.; 11 – интенсивность сотрясения (I_i) в населенных пунктах от 7 до 5 баллов по [7]; 12 - изосейсты по [7] от 7 до 5 баллов; 13 - родник «Сопу-Курган».

На севере Кыргызстана наиболее ощутимыми событиями с 2012 по май 2017 гг. были 8-балльное Сарыжазское (Кокпакское) землетрясение с $K_p=14.7$, произошедшее 28.01.2013 г. на территории Казахстана и 7-балльное Каджисайское с $K_p=13.9$, произошедшее 14.11.2014 г. на территории Кыргызстана (см. рис. 1).

8-балльное Сарыжазское (Кокпакское) землетрясение сопровождалось вариациями, выраженными противофазными аномалиями на ГГХ станции «Джеты-Огуз», находящейся в 124 км от эпицентра, за два месяца до события, т.е. в дегазациях CO_3^{-2} и CO_2 : в водах скв. 6 (H=163 м, водовмещающие породы – известняк, C^2) и 20 (H=520 м, водовмещающие породы- метаморфические сланцы, PR₂).

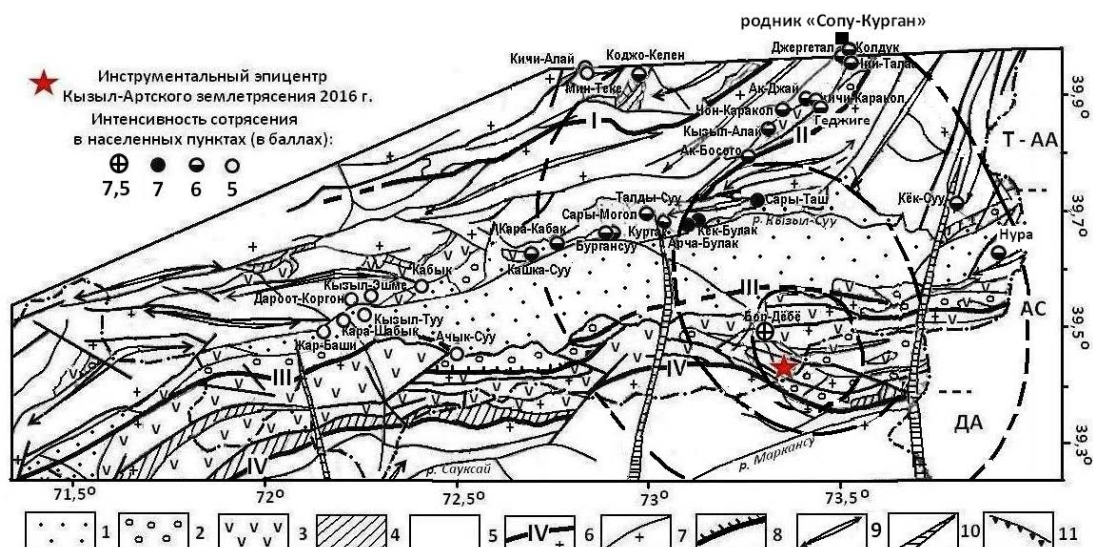


Рис. 3. Теоретические изосейсты с интенсивностью от 7.5 до 5 баллов Кызыл-Артского землетрясения 26.06.2016 г. по [9] на фрагменте карты новейших структурных форм Памира-Алая по [8]. Условные обозначения: 1-5 – отложения: 1 – четвертичные, 2 – новейшая моласса Р₃. N₁ и N₂ – Q₁, 3- меловые и палеогеновые, 4- триас-юрские и лейасовые, 5- нерасчлененный палеозой. 6 – новейшие краевые разломы: I – Южно-Наукатский, II – Алдаярский, III – Заалайский, IV – Дарваз-Каракульский (знаком «+» обозначено взброшенное крыло); 7 – прочие крутопадающие разрывы; 8 – надвиги; 9 – оси антиклинальных складок основания III порядка; 10 – оси поперечных поднятий; 11 – эпигерцинский пенеплен. Т-АА – Туркестано-Алайский антиклинорий. АС – Алайский сиклиорий. ДА – Дарвазский антиклинорий.

За месяц до этого события, в 108 км от эпицентра, в скв. 1756 «Каракол» глубиной 1500 м, пробуренной в миоцен-плиоценовых отложениях, резко упала температура воды более чем на 2.5° С [10], тогда как на ГГХ станции «Каджи-Сай» в воде скв. 1111 (Н=1500 м), удалённой на 214 км отмечались значительные изменения Mg⁺² за 1.5 месяца до землетрясения (рис. 4).

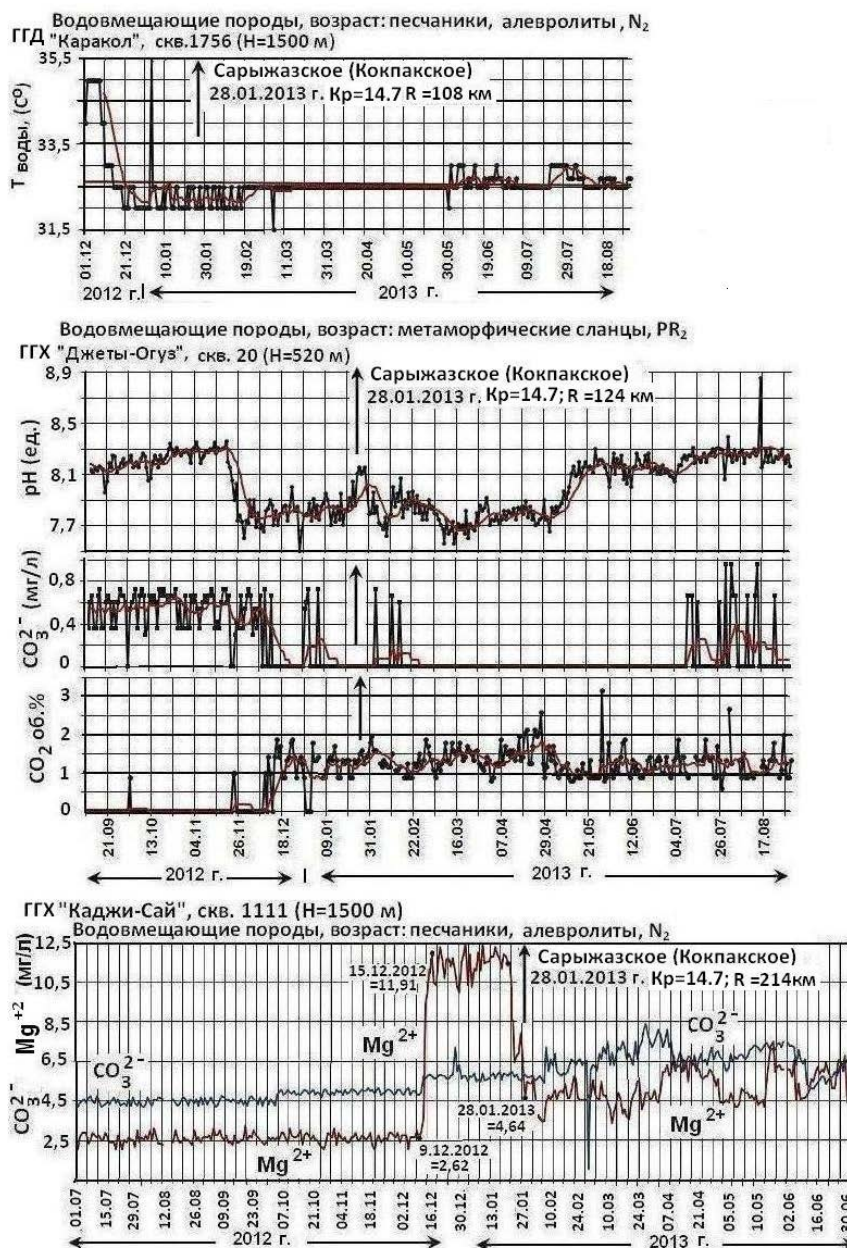


Рис. 4. Временные гидрогеосейсмические вариации в воде скважин ГГХ и ГГД станций: «Каракол», «Джеты-Огуз» и «Каджи-Сай» за 2012- 2013 гг.

Эпицентральная область 7-балльного Каджисайского землетрясения с $Kp=13.9$, произошедшего в 2014 г., находится в западной части Джумгало-Терской сейсмогенерирующей зоны [11], т.е. на юго-западном склоне горы Тегерек, в 5 км от ГГХ станции «Каджи-Сай» и в 90 км от ГГХ станции «Джеты-Огуз» (рис. 5-6).

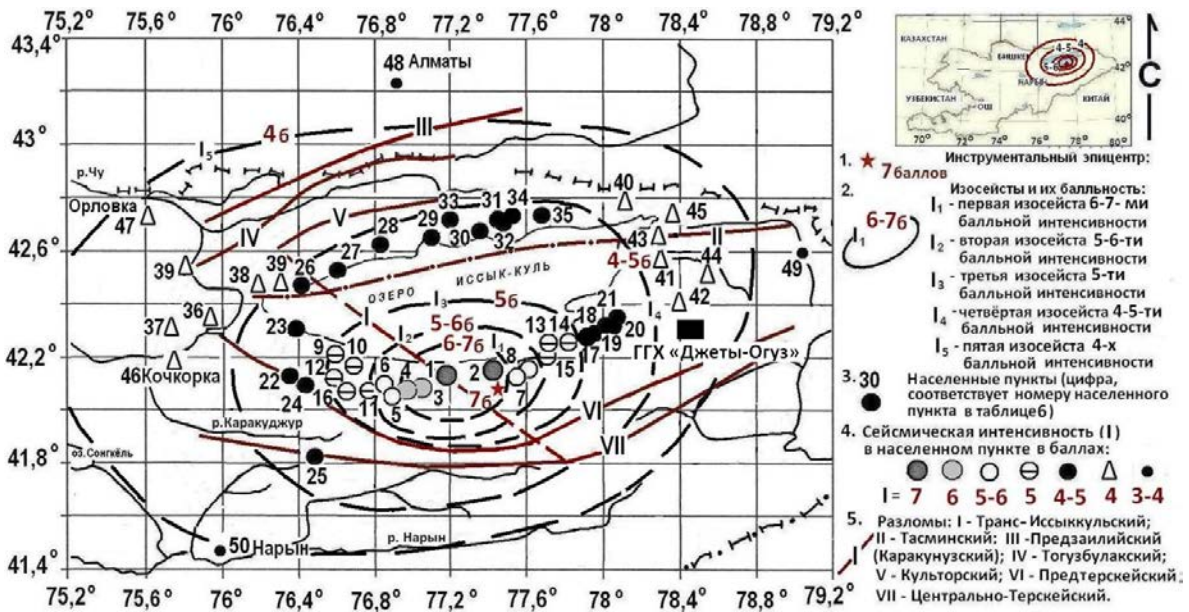


Рис.5. Теоретические изосейсты Каджисайского землетрясения, произошедшего 14.11.2014 г. с $K_p=13.9$; $I_0=7$ баллов.

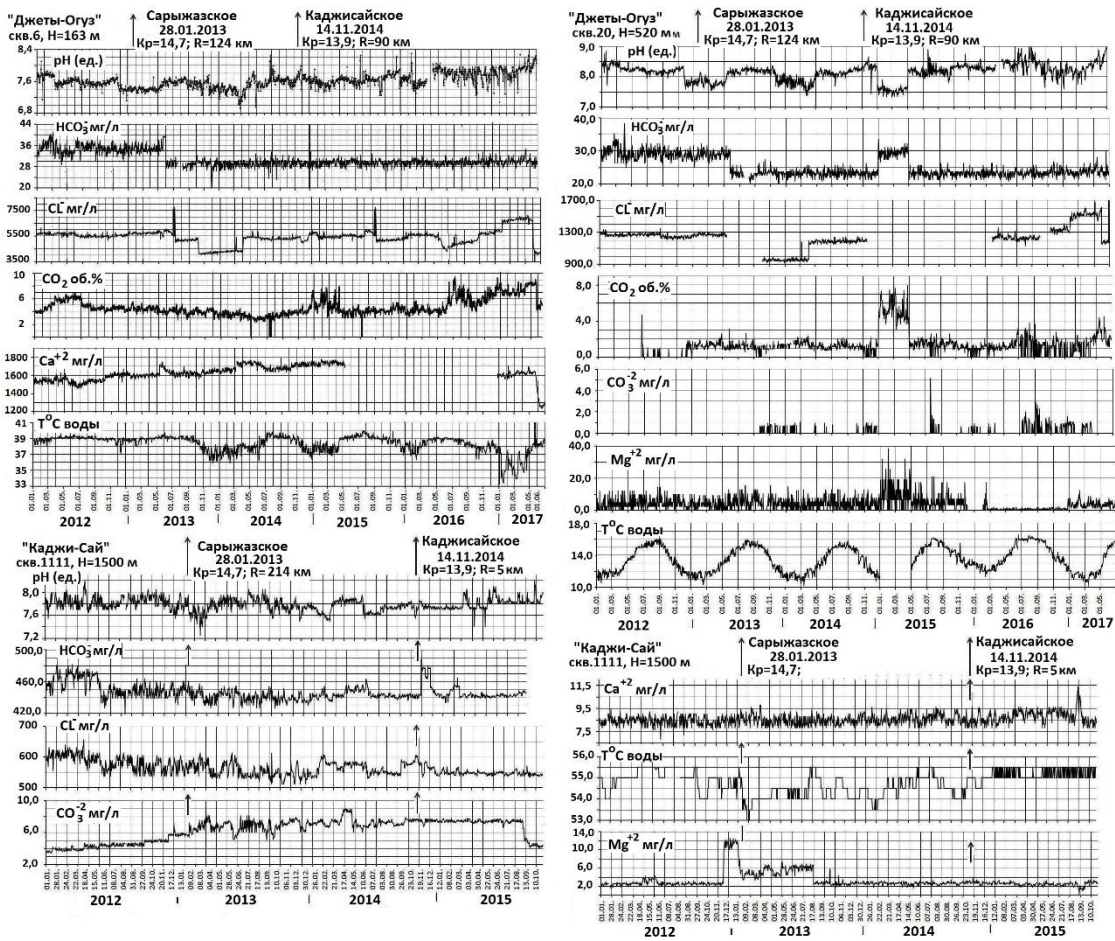


Рис. 6. Временные гидрогеосейсмические вариации в скважинах ГГХ станций «Джеты-Огуз» и «Каджи-Сай» за 2012- 2015 гг.

Для значений рН воды в скважине «Каджи-Сай» характерны мелкие разбросы, не выходящие из фона и понижающиеся в август-сентябре 2015 г. от 8.7 до 8.6 (рис. 6). Так, рН по данным ТМВ, находящихся в слабощелочных условиях (7,8), 14-16 декабря резко спускаются до нормальной среды (7.4-7.5), после чего уменьшаются до 7.2-7.1, а температура - от 55 до 53.5⁰С, тогда как содержание СО₂, сначала ступенчато, затем слабыми миганиями увеличивается от 4.8-5.0 до 7.2-8.1, сохраняя это положение до конца года. На этом фоне содержание НСО₃⁻ и Са²⁺ стабильное при амплитудах колебаний, не превышающих 1%, с видом противофазных скачков, но в первом полугодии СО₂ повышается более четко, чем НСО₃⁻, но со второй половины июня меняется на мигания.

Для прогноза землетрясений о корректности привлечения чисел Вольфа (W)-одного из главных индексов солнечной активности свидетельствуют рис. 7А и Б.

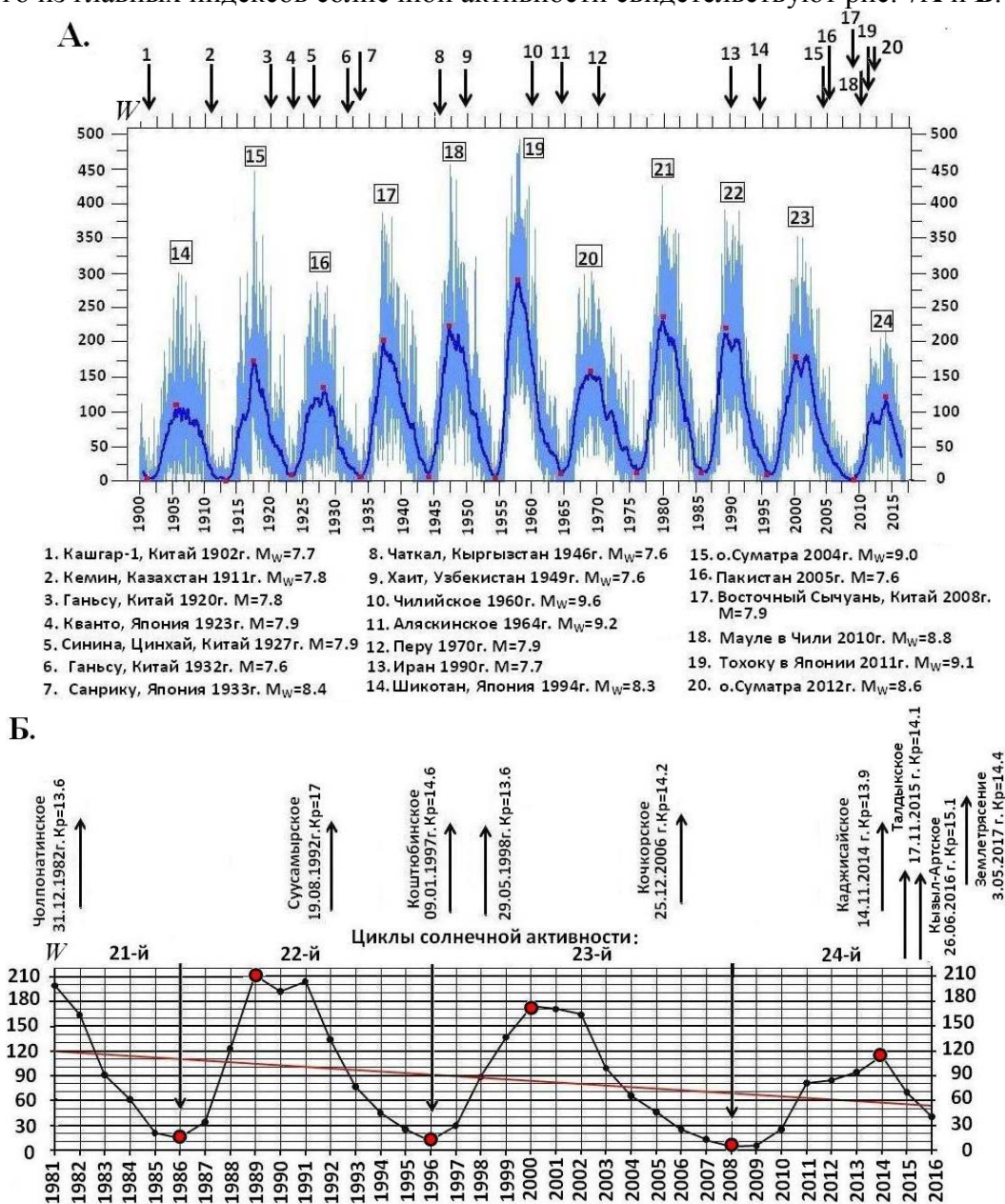


Рис. 7А. Максимальные ежегодные магнитуды M_w землетрясений Земного шара за 1900-2014 гг. по [5] и числа Вольфа (W) солнечной активности за 1880-2016 гг. по [6]. Б. Среднегодовые числа Вольфа (W) по [6] и землетрясения с $Kr \geq 13.6$ на территории Кыргызстана с 1981 г. по 3.05.2017 г. по [2]. На

графике красными точками отмечены годы минимумов и максимумов солнечной активности по циклам.

Как видно из рис. 7А, снижение W отмечены в периоды землетрясений, произошедших в Чили (1960) с $M_w=9.6$, Аляске (1964) с $M_w=9.2$, о. Суматра (2004) с $M_w=9.0$, Мауле в Чили (2010) с $M_w=8.8$, Тохоку в Японии (2011) с $M_w=9.1$, о. Суматра (2012) с $M_w=8.6$.

Литература

1. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. - 2005. - Т.46. - № 11.
2. Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В. Основные результаты гидрогеологических исследований для прогноза сильных землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня. «Вестник Института сейсмологии НАН КР». 2013, №2. (<http://www.journal.seismo.kg>)
3. Каталог землетрясений Института сейсмологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики. Фонды ИС НАН КР, 2017 г.
4. Мамыров Э., Маханькова В.А. Сравнение периодов проявления сильных землетрясений Тянь-Шаня с цикличностью лунно-солнечной активности // «Вестник Института сейсмологии НАН КР», 2015, №2 (6) – С.78-85. (<http://www.journal.seismo.kg>)
5. Global CMT Catalog Search
6. Nogovitsyn Y. Extended time series of Solar Activity Indices (1090-2020) <http://www.gao.spb.ru/database/esai/>, 2014
7. Гребенникова В.В., Фортуна А.Б. Талдыкское землетрясение 17 ноября 2015 года / Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (изд. 13-е с изм. и доп.), ISBN 978-9967-23-948-4, Б.: МЧС КР, 2016. – С. 664-671.
8. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня.– Фрунзе: Илим, 1986, 314 с.
9. Гребенникова В.В., Фортуна А.Б. Талдыкское землетрясение 17 ноября 2015 года / Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (изд. 13-е с изм. и доп.), ISBN 978-9967-23-948-4, Б.: МЧС КР, 2016. – С. 664-671.
10. Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В. Результаты гидродинамического мониторинга в Кыргызстане // «Вестник Института сейсмологии НАН КР». – 2015, №1. – С. 46-54. (<http://www.journal.seismo.kg>).
11. Кендирбаева Дж.Ж. О взаимосвязи термоминеральных вод и флюидалных растворов Кыргызского Тянь-Шаня // ДАН КР. -2017. -№ 1. –С.39-45.
12. Гребенникова В.В., Фортуна А.Б. Каджисайское землетрясение 14 ноября 2014 года / Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание двенадцатое с изменениями и дополнениями). Правительство Кыргызской Республики, Министерство Чрезвычайных Ситуаций Кыргызской Республики, 2015. – С. 626-637.
13. Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В. О взаимосвязи геохимических условий и гидрогеотермической обстановки Кыргызского Тянь-Шаня / Тр. Межд. конф. «Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле, интерпретация геофизических полей», Екатеринбург, 2013.

Рецензент: д-р физ.-мат. наук Муралиев А.М.