

¹ Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия
E-mail: aborisenko2@mail.ru

² Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН
пр. Акад. Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия

³ Институт археологии и этнографии СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия
E-mail: khudjakov@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ, НАБЛЮДАВШИХСЯ В ВОСТОЧНОЙ, СРЕДНЕЙ И ПЕРЕДНЕЙ АЗИИ В ДРЕВНОСТИ И СРЕДНИЕ ВЕКА *

В статье излагаются результаты систематизации исторических сведений о землетрясениях, наблюдавшихся на территории Восточной, Средней и Передней Азии в древности и Средневековье и зафиксированных в корейских, китайских, арабских, персидских исторических источниках. С помощью применения математических методов логико-вероятностного анализа выявляются долговременные тенденции в истории сейсмической активности, прослеживаются временные и пространственные особенности в последовательности тектонических явлений в разных регионах Азии.

Ключевые слова: Восточная Азия, Средняя Азия, Передняя Азия, тектонические явления, землетрясения, древность, Средневековье, логико-вероятностный анализ.

В древности и Средневековье в странах Азии неоднократно происходили необычные природные события и катаклизмы, которые оказывали определенное воздействие на природную среду, традиционные виды хозяйства и другие стороны жизнедеятельности восточных цивилизаций. Нередко подобные аномальные природные явления влекли за собой тяжелые негативные и даже катастрофические последствия для населения. Среди разных видов природных аномалий, наблюдавшихся в этих странах в историческом прошлом, достаточно частым событием были землетрясения.

В древности и Средневековье в странах Дальнего, Среднего и Ближнего Востока, входящих в состав зон повышенной сейсмической активности, на суше и в пределах акватории прибрежных морей многократно

происходили крупные тектонические события, которые влекли за собой землетрясения и цунами, значительные разрушения, гибель населения и другие тяжелые последствия. Подобные явления нашли отражение в древних и средневековых летописях и других исторических сочинениях, составленных при дворах правителей государств Азии. С разной степенью точности они были описаны составителями летописей и исторических хроник в древних и средневековых государствах Корейского полуострова, Северо-Восточного Китая и Маньчжурии, мусульманских странах Среднего и Переднего Востока [Стихийные..., 1990; Ким Бусик, 1995; 2001; История Золотой империи, 1998; История Железной империи, 2007; Извлечения..., 2008; Из «Всеобщей истории»..., 2008; Юрченко, 2007]. В предшест-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-06-00107).

вующие десятилетия предпринимались отдельные попытки обобщения имеющихся исторических сведений о происходивших в прошлом тектонических явлениях.

В конце 1970-х гг. З. М. Буниятовым были охарактеризованы сведения из арабских источников о землетрясениях, случившихся в странах Переднего Востока в Средние века [1977]. В серии работ авторов настоящей статьи, вышедших в последние годы, на основе изучения письменных источников были выявлены, систематизированы и включены в сводную базу данных сведения о различных аномальных и катастрофических природных событиях, произошедших в странах Восточной и Центральной Азии [Худяков, Борисенко, 1999; Борисенко, Худяков, 2007; Худяков, 2009; 2010].

О важности использования исторической информации о землетрясениях, происходивших на протяжении двух последних тысячелетий в Трансазиатском сейсмическом поясе, свидетельствуют предпринятые ранее опыты реконструкции изменений сейсмического климата Земли [Чипизубов, 2001]. По мнению А. В. Чипизубова, при оценке опасности землетрясений необходимо знание длительных тенденций в изменчивости сейсмической активности в разных регионах нашей планеты, что важно не только в теоретическом, но и в практическом аспекте.

Для успешной реализации задач такого исследования необходимо привлечение максимально возможного массива сведений о сейсмических событиях, зафиксированных в древних и средневековых источниках, а также применение современных математических методов обработки доступной информации.

Для выявления некоторых пространственно-временных закономерностей аномальных природных явлений, зафиксированных в летописных источниках, нами уже апробированы методы логико-вероятностного анализа [Лбов, Герасимов, 2010]. В результате их применения удалось установить определенные логико-вероятностные закономерности, отражающие внутренние причинно-следственные связи среди подобных явлений [Бериков и др., 2011. С. 51–54].

Такая же работа была проведена и относительно исторических сведений о сейсмических событиях, происходивших в разных районах Трансазиатского сейсмического пояса в древности, в раннем и развитом Средневековье.

Для каждой из территорий были сформированы исходные ряды данных, в которых каждому году соответствовало значение 1 (если в этот год на данной территории произошло землетрясение) либо 0 (если землетрясения не отмечено). Сводные данные по рядам наблюдений приведены в таблице.

Частота и периодичность землетрясений в Восточной Средней и Передней Азии в древности и Средневековье

Территория	Интервал наблюдений, годы н. э.	Число землетрясений	Средний интервал между землетрясениями (лет)	Среднеквадратическое отклонение интервала между землетрясениями (лет)
1 – Юго-Восточная Корея (Силла)	64–932	54	16	20
2 – Северная Корея	2–535	16	35	53
3 – Юго-Западная Корея	15–637	12	56	56
4 – Северо-Восточный Китай, Маньчжурия	1022–1209	8	26	42
5 – Иран, Афганистан, Азербайджан, Армения	580–1254	24	29	50
6 – Ближний Восток, Сирия, Ирак, Средняя Азия, Турция	628–1156	53	10	12

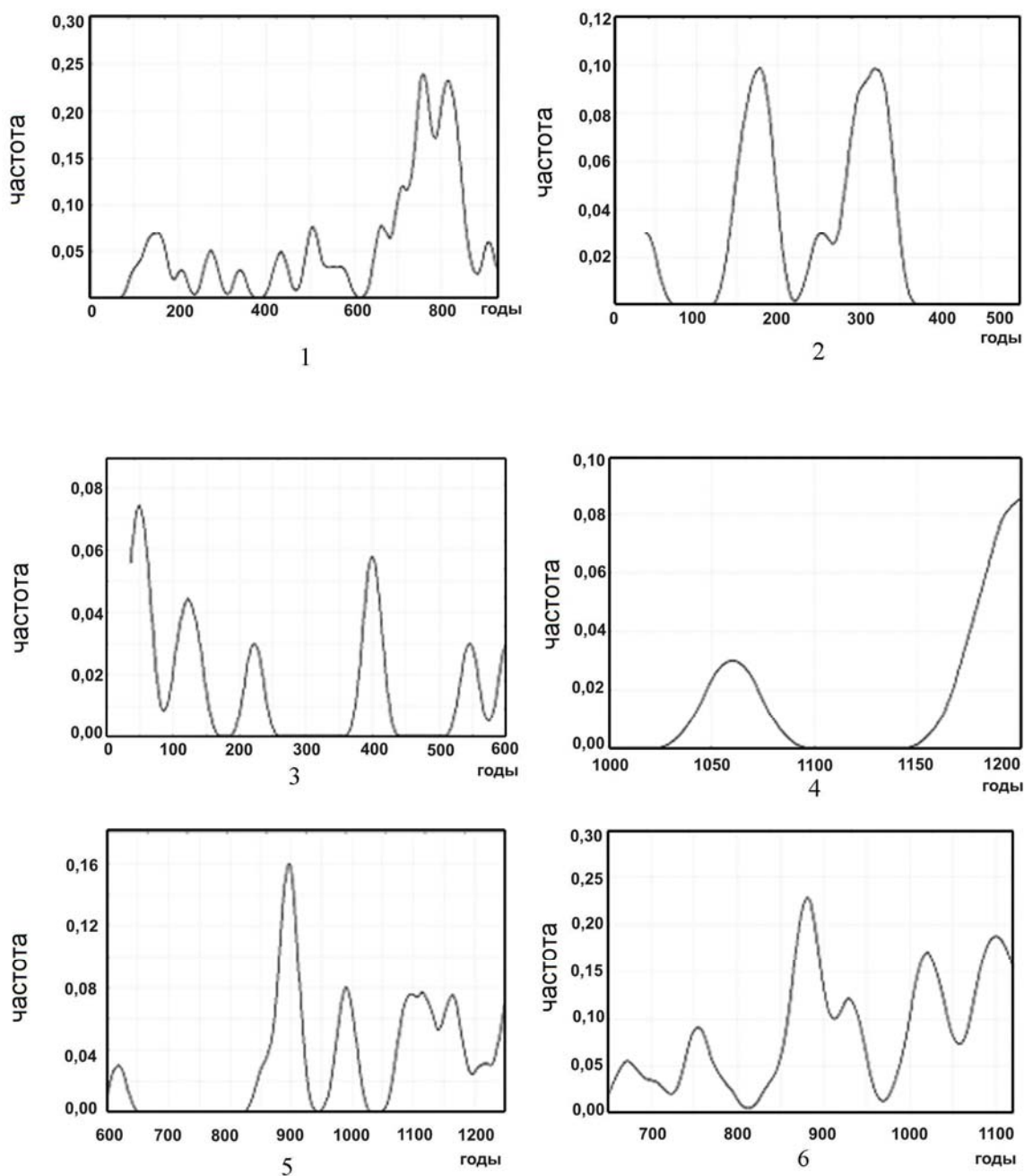


Рис. 1. Сглаженная частота землетрясений: 1 – Юго-Восточная Корея (Силла); 2 – Северная Корея; 3 – Юго-Западная Корея; 4 – Северо-Восточный Китай, Маньчжурия; 5 – Иран, Афганистан, Азербайджан, Армения; 6 – Ближний Восток, Сирия, Иран, Средняя Азия, Турция

Можно заметить, что рядом присуща большая неравномерность в характере распределения по годам: среднее квадратическое отклонение интервала между последовательными землетрясениями, как правило, намного превышает средний интервал между этими событиями.

Было проведено сглаживание рядов (с окном 25 лет), которое состояло в том, что для каждого момента времени вычислялось среднее значение ряда по 12 предшествующим отсчетам времени, текущему моменту и 12 следующим моментам. Величина сглаживающего окна выбрана как примерная

продолжительность жизни одного поколения. Указанная процедура была проведена трижды для каждого из рядов (рис. 1). Из-за сглаживания общая длина каждого ряда уменьшилась на 75 лет.

Сглаженные ряды можно интерпретировать как оценки вероятности землетрясения для каждого года по рассматриваемым территориям. Вид рядов свидетельствует о наличии некоторой периодичности в изме-

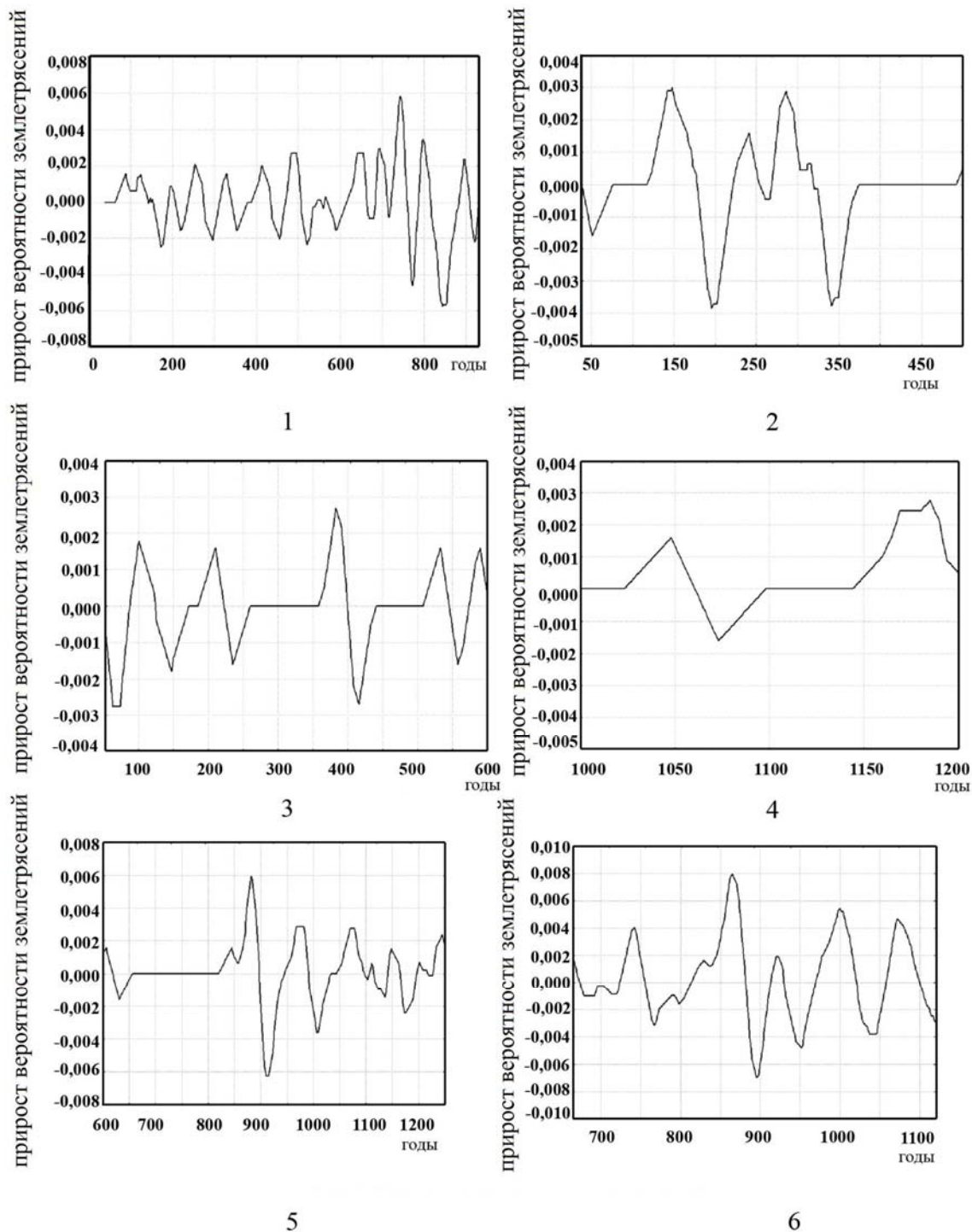


Рис. 2. Прирост вероятности землетрясений: 1 – Юго-Восточная Корея (Силла); 2 – Северная Корея; 3 – Юго-Западная Корея; 4 – Северо-Восточный Китай, Маньчжурия; 5 – Иран, Афганистан, Азербайджан, Армения; 6 – Ближний Восток, Сирия, Иран, Средняя Азия, Турция

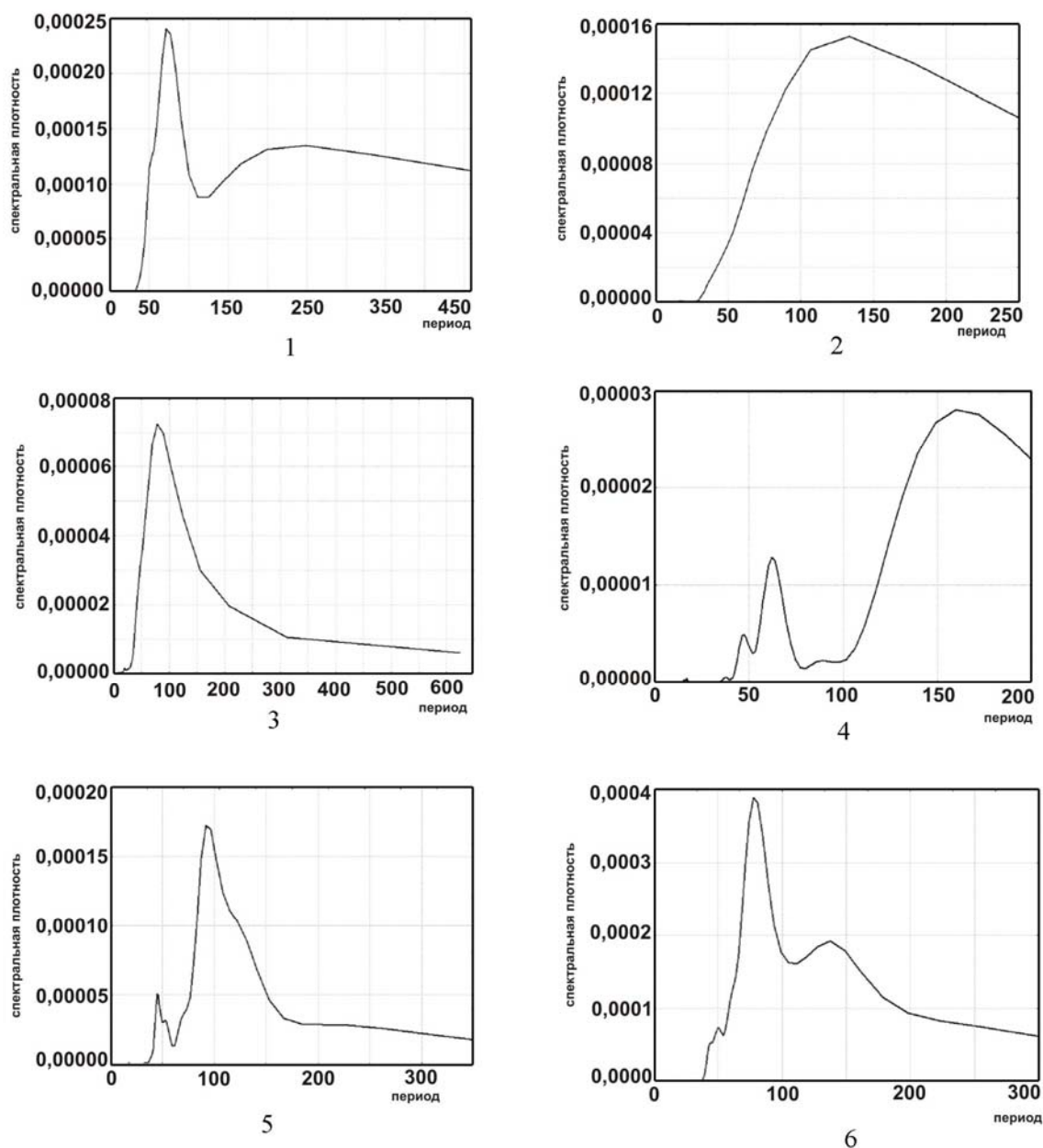


Рис. 3. Графики спектральной плотности, в зависимости от длины периода: 1 – Юго-Восточная Корея (Силла); 2 – Северная Корея; 3 – Юго-Западная Корея; 4 – Северо-Восточный Китай, Маньчжурия; 5 – Иран, Афганистан, Азербайджан, Армения; 6 – Ближний Восток, Сирия, Иран, Средняя Азия, Турция

нении вероятности землетрясений. Для выявления периодичности был проведен спектральный анализ рядов на основе преобразования Фурье. Основной задачей спектрального анализа является разложение ряда на циклические составляющие и количественная оценка частот (или соответствующих периодов) и амплитуд найденных гармонических компонент. Наибольший интерес

представляют составляющие с максимальными амплитудами, т.е. вносящие наибольший вклад в общую периодичность процесса. При анализе рядов, сформированных в условиях, когда полная информация об изучаемых процессах недоступна, имеет смысл сглаживать полученную периодограмму, чтобы найти более достоверные оценки спектральной плотности. Перед про-

ведением анализа ряды, как правило, преобразуют так, чтобы устранить тренды заведомо нециклической природы. Для этого можно использовать выделение линейного тренда, делать корректировку ряда на величину среднего значения и т. д. В качестве подобного преобразования нами было применено взятие первой разности сглаженных рядов (т. е. вычисление разности между текущим и предыдущим значением ряда для каждого момента времени). Указанное преобразование ряда позволяет устранить влияние долговременного тренда. Ряды, состоящие из первых разностей, представляют колебания прироста вероятности землетрясений.

Образованы ряды первых разностей для каждой из рассматриваемых территорий (рис. 2). При проведении спектрального анализа на основе преобразования Фурье проводилось сглаживание периодограммы с использованием окна Хэмминга шириной 9. Получены также графики оценок спектральных плотностей в зависимости от длины периода (рис. 3). При этом диапазон возможных значений периода был выбран примерно равным половине длины интервала наблюдений каждого ряда (см. таблицу).

На основе полученных результатов спектрального анализа можно сделать ряд выводов. Все графики характеризуются наличием пиков в диапазоне от 50 до 160 лет. Наиболее отчетливые пики соответствуют 75–85-летнему периоду повторяемости, характеризующему регионы: Юго-Восточная Корея (Силла); Юго-Западная Корея; Иран, Афганистан, Азербайджан, Армения; Ближний Восток, Сирия, Ирак, Средняя Азия, Турция.

Цикличность землетрясений в Северной Корее и Северо-Восточном Китае – Маньчжурии, характеризуется менее четкими 130–160-летними циклами (возможно, указанная нечеткость объясняется малым объемом данных по этим регионам).

Проанализированная информация о частоте и интенсивности тектонических явлений, происходивших на противоположных окраинах Азиатского материка в поздней древности, раннем и развитом Средневековье, позволяет в некоторой степени скорректировать полученные ранее результаты реконструкции хода сейсмичности в этих регионах и открывает дополнительные воз-

можности для выявления долговременных тенденций истории подобных событий в будущем.

Список литературы и источников

Бериков В. Б., Борисенко А. Ю., Герасимов М. К., Худяков Ю. С. Выявление закономерностей в истории природных аномальных явлений на юго-востоке Корейского полуострова в поздней древности и раннем Средневековье (с применением логико-вероятностного анализа) // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: История, филология. 2011. Т. 10, вып. 3: Археология и этнография. С. 47–55.

Борисенко А. Ю., Худяков Ю. С. Материалы для создания базы данных о природных аномальных явлениях и катастрофах, происходивших на территории Центральной Азии в древности и раннем средневековье (по письменным историческим источникам) // Электронные библиотеки и базы данных по истории Евразии в средние века. М., 2007. Вып. 12. С. 19–39.

Буниятов З. М. Сведения о землетрясениях в некоторых арабских источниках // Изв. АН Азерб. ССР. Серия наук о земле. 1977. С. 93–99.

Извлечения из «летописи» Себастаци // Образование Золотой Орды. Улус Джучи Великой Монгольской империи (1207–1266). Источники по истории Золотой Орды: от выделения удела Джучи до начала правления первого суверенного хана. Казань, 2008. С. 116–119.

Из «Всеобщей истории» Вардана Арвелци // Образование Золотой Орды. Улус Джучи Великой Монгольской империи (1207–1266). Источники по истории Золотой Орды: от выделения удела Джучи до начала правления первого суверенного хана. Казань, 2008. С. 164–168.

История Железной империи. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2007. 356 с.

История Золотой империи. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 1998. 288 с.

Ким Бусик. Самгук саги (Исторические записки трех государств). Летописи Когуре. Летописи Пэкче. Хронологические таблицы. М.: Вост. лит., 1995. Кн. 2. 405 с.

Ким Бусик. Самгук Саги. Летописи Силла. М.: Вост. лит., 2001. Кн. 1. 384 с.

Лбов Г. С., Герасимов М. К. Прогнозирование экстремальных событий на основе анализа многомерных разрозненных временных рядов // Вычислительные технологии. 2010. Т. 15. № 5. С. 81–91.

Стихийные бедствия и экстремальные явления на Ближнем и Среднем Востоке (VII–XVII вв.). Баку: Элм, 1990. 136 с.

Худяков Ю. С. Сведения о крупных землетрясениях и цунами, происходивших в древности и на рубеже средневековья в Восточном Средиземноморье // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: История, филология. 2009. Т. 8, вып. 3: Археология и этнография. С. 174–179.

Худяков Ю. С. Сведения о природных аномальных явлениях в Закавказье, содержащихся в армянских источниках, относящихся к периоду монгольских завоеваний и образования Золотой Орды // Вестн. Ново-

сиб. гос. ун-та. Серия: История, филология, 2010. Т. 9, вып. 5: Археология и этнография. С. 181–197.

Худяков Ю. С., Борисенко А. Ю. Материалы для создания базы данных о земных катастрофах космического происхождения из летописей Пэкче // Электронные библиотеки и базы данных по истории Евразии в средние века. М., 1999. Вып. 7. С. 273–292.

Чипизубов А. В. Ход сейсмичности в трансзиатском сейсмическом поясе и реконструкция изменений сейсмического климата Земли за два последних тысячелетия // Докл. Академии наук. 2001. Т. 379, № 3. С. 386–390.

Юрченко А. Г. Книга катастроф. Чудеса мира в восточных космографиях. СПб.: Евразия, 2007. 320 с.

Материал поступил в редколлегию 05.03.2012

A. Yu. Borisenko, V. B. Berikov, M. K. Gerasimov, Yu. S. Khudyakov

APPLICATION METHODS LOGICAL AND PROBABLISTIC ANALYSIS TO STUDY HISTORICAL INFORMATION ABOUT EARTHQUAKES OBSERVED IN EASTERN, MIDDLE AND NEAR ASIA IN ANTIQUITY AND THE MIDDLE AGES

The paper presents the results of systematic historical data on earthquakes observed in Eastern, Central and Western Asia in ancient and medieval times, and recorded in Korean, Chinese, Arabic, Persian historical sources. With the application of mathematical methods of logical and probabilistic analysis reveals long-term trends in the history of seismic activity in the studied regions of Eurasia during the reporting period of history. Traced the temporal and spatial features in the sequence of tectonic events in different regions of Asia.

Keywords: tectonic phenomena, earthquakes, Front and East Asia, the ancient, medieval, logical and probabilistic analysis.