


*На правах рукописи*

Задонина Наталья Витальевна



**ДИНАМИКА ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ  
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К  
ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ**

Специальность 25.00.35. - геоинформатика

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск - 2005

Работа выполнена в Иркутском государственном техническом университете

**Научный руководитель:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор Дмитриев Александр Георгиевич

**Официальные оппоненты:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор Филонюк Виталий Андреевич  
кандидат физико-математических наук Мордвинов Александр Вениаминович

**Ведущая организация:**

Геологический институт Бурятского научного центра СО РАН, г. Улан-Удэ

Защита состоится 27 декабря 2005 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.073.01 при Иркутском государственном техническом университете по адресу: 664074, Иркутск, ул. Лермонтова 83, ауд. Е-301. факс 8(3952)405-113; e-mail: dmitriev@istu.edu

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского государственного технического университета

Автореферат разослан 25 ноября 2005 года.

Ученый секретарь диссертационного совета

 Мальцева Г.Д.

2006-4  
29939

2263848

3

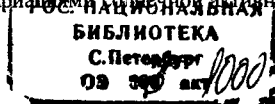
## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Несмотря на существенный научно-технический прогресс в области изучения опасных природных процессов и разработку превентивных мероприятий по снижению риска их возникновения, защищенность людей и техносферы в целом от природных опасностей не увеличивается. Количество жертв в мире от проявления разрушительных сил природы ежегодно возрастает на 4.3 %, а количество пострадавших при природных катаклизмах - на 8.6 % (Природные опасности..., 2000) «Непредсказуемые» природно-климатические вариации способны существенно влиять на социально-экономическое развитие разных стран и препятствовать переходу человеческого сообщества к устойчивому развитию.

В качестве концептуальной основы исследований использована следующая идеология. Закономерности повторяемости опасных природных процессов носят периодический характер. Знание закономерностей их проявления во времени позволит усилить методы среднесрочного прогноза. Ключевым аспектом представленных исследований является привлечение совокупности мониторинговых наблюдений за природными процессами и историко-архивных данных, содержащих богатую и достоверную информацию о чрезвычайных ситуациях природного характера. Инструментальный мониторинг опасных природных процессов осуществляется в отдельных регионах в течение 100-150 лет, а чаще не превосходит по продолжительности наблюдений и нескольких десятков лет. При таких обстоятельствах и на фоне все нарастающего интереса общественности к прогнозу опасных природных процессов, особую научную ценность приобретают сбор и систематизация историко-хронологической информации о тех или иных природных явлениях и ее статистическая обработка. Создание хронологий развития опасных природных процессов позволит сопоставить периоды проявления экстремумов, как за отдельные годы, так и последние 500 лет. Учитывая масштабность времени подготовки и проявления определенных природных процессов, территории, на которых производится сбор необходимой информации для подобных исследований, не должны ограничиваться площадью одной или нескольких отдельно взятых стран.

Следует отметить, что в последние годы расширилось представление о синергетике природных явлений, когда одно стихийное бедствие порождает другое. Выявление взаимосвязей между различными процессами и в связи с вариациями солнечной активности позволит в определенной степени решить проблему предупреждения природных катастроф и минимизировать экологический и экономический ущерб от их воздействия. Поэтому задачи исследования взаимодействия процессных ситуаций в различных геосферах являются актуальными.

Цель настоящей работы заключается в исследовании закономерностей проявления опасных природных процессов во времени и в связи с вариациями солнечной активности для реа-



лизации возможных подходов к долго- и среднесрочному прогнозу опасных природных ситуаций; выполнение сравнительного анализа проявления экстремальных природных ситуаций в мире, в том числе и на территории Сибири и Монголии

**Идея работы** - выявление периодов активизации опасных природных процессов на основе историко-хронологической и мониторинговой информации для реализации среднесрочного прогноза чрезвычайных ситуаций природного характера.

**Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

1 Построение длительных исторических хронологий (500 летних) об опасных природных ситуациях, возникавших в мире, Сибири и Монголии (250 летних), в частности

2 Создание на основе описательных неформализованных баз данных цифровых баз данных об опасных природных процессах.

3 Анализ статистических характеристик изменчивости природных процессов эндогенного и экзогенного характера во времени и в связи с вариациями солнечной активности.

4. Выполнение сравнительного анализа проявления некоторых экстремальных природных ситуаций в мире и на территории Сибири и Монголии.

5 Реализация геоинформационного подхода к долго- и среднесрочному прогнозу опасных природных ситуаций.

**В качестве объектов исследования** рассмотрены следующие опасные природные процессы, возникавшие на континентах в течение прошедших 500 лет (1501 - 2003 гг.) – сейсмичность, вулканизм, экзогенные гравитационные процессы, атмосферные явления

**Предметом исследования** являлись периодичность проявления эндогенных и экзогенных процессов, взаимосвязь их проявления во времени и в связи с вариациями солнечной активности

**Территориальные рамки**

В работе под Сибирью понимается Азиатская часть России - территория от Урала на западе до Тихого океана на востоке, под миром - континенты земного шара

**Методы исследования**

1 Создание информационно-ресурсной историко-хронологической описательной базы данных, включающей в себя сведения о возникновении опасных природных ситуаций на разных континентах.

2 Создание цифровой базы данных на основе описательной базы данных

3 Статистическая обработка цифровой информации с использованием методов классического, факторного, спектрального и корреляционно-регрессионного анализа, тренд-анализа и автокорреляции.

4. Компьютерное моделирование возникновения опасных природных процессов в будущем, основанное на реконструкции их развития в прошлом

Процедуры расчетов и моделирования выполнялись в стандартных программных пакетах: Microsoft Office Excel-2003, STATISTICA for WINDOWS V6, AutoSignal V1.6. Иллюстративный материал оформлен с помощью графических пакетов – CorelDraw 12 и Adobe Photoshop CS.

#### **Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Объективная информация о ходе природных процессов во времени может быть получена введением поправок за рост численности населения, расширения географического знания во времени, развития инструментальной базы наблюдений

2. Существует сходство периодов активизации опасных природных процессов, запаздывание которых друг относительно друга во времени обусловлено разными скоростями реакции геосфер на влияние внешнего надсистемного фактора.

3. Надсистемным фактором, контролирующим поведение системы геологических процессов, является солнечная активность, влияние которой осуществляется опосредованно через процессы, происходящие в атмосфере.

4. Периодичность проявления опасных природных процессов может быть основой для осуществления долго- и среднесрочного прогноза.

#### **Научная новизна**

Впервые для Сибири и Монголии созданы описательная историко-хронологическая и цифровая базы данных об опасных природных процессах, проявившихся в течение последних 250 лет. Разработаны аналогичные базы данных для разных континентов за последние 500 лет.

Впервые выполнено согласование историко-хронологической и мониторинговой баз данных о землетрясениях с учетом частоты их повторяемости и ощутимости, зависящей от энергии и глубины залегания очага; для ряда исторических вулканических извержений по косвенным признакам оценена энергия. Установлены основные периоды активизации энерговыделения за период времени 500 лет: сейсмический энергопоток - 5, 18-25, 50, 130-135, 200 лет; вулканический энергопоток - 6, 10, 30-36, 70, 250 лет. Регулярность совпадения максимумов энергопотоков этих двух процессов составляет 10, 20, 30, 40 лет. Сравнительный анализ проявления сейсмичности в мире и Монголо-Байкальском сейсмическом поясе в инструментальный период (1902-2002 гг.) позволил обнаружить единообразные ритмы: по величине энергопотока 7-8 лет; по числу событий - 5-8, 20-26, 34, 50 лет.

Определены периоды активизации экзогенных гравитационных процессов (1775-2003 гг.) в мире - 46, 58 лет, в Сибири и Монголии - 13, 21-26, 38, 46, 58, 77, 115 лет. Наблюдается сов-

падение активизации турбулентности атмосферы и экзогенных гравитационных процессов через промежутки времени равный 40–45 годам

Установлена эквивалентность периодов возрастания солнечной активности и активизации рассматриваемых эндогенных и экзогенных природных явлений. Выявлено присутствие единых циклов в динамике их проявления продолжительностью 22 года, 30–45, 50–70 лет.

Впервые предпринята попытка прогнозного моделирования опасных природных ситуаций на основе геоинформационного подхода к обработке историко-хронологической информации.

### **Практическая значимость**

Количественные реконструкции развития опасных природных процессов в прошлом представляют интерес для специалистов в области экологического мониторинга, климатологии, геоэкологии и прикладных ГИС-технологий; могут быть использованы при районировании территорий для оценки природного, экологического, природно-техногенного рисков; при составлении карт сейсмического районирования и т.д. Полученные результаты полезны для отраслей сельского хозяйства и промышленности, где требуется учитывать частоту повторяемости экстремальных природных ситуаций. Основные выводы диссертации по прогнозу опасных природных процессов могут так же использоваться в сферах планирования и проектирования объектов народного хозяйства.

Результаты исследования переданы в Главное управление МЧС России по Иркутской области и МЧС Монголии; включены в лекционный курс по дисциплине «Геофизика чрезвычайных ситуаций» в Иркутском государственном техническом университете; опубликованы в виде четырех учебных пособий для студентов геологических и других естественно-научных специальностей ВУЗов.

### **Апробация работы**

Основные научные и практические результаты диссертации представлялись и обсуждались:

1. На научных конференциях: «Анализ, оценка и управление рисками на уровне региона: техногенные, природные и социальные аспекты», Институт систем энергетики им. Меленчука СО РАН, Иркутск, 2001 г.; «Природно-техногенная безопасность Сибири», Красноярск, 2001 г.; «Человек-Среда-Вселенная», ИрГТУ, Иркутск, 2001 г.; «75-летие факультета геологии, геоинформатики и геоэкологии ИрГТУ», Иркутск, 2005 г.; «Природная и антропогенная динамика наземных экосистем», Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, 2005 г.; на Российско-Монгольском совещании по астрономии и геофизике, Улан-Удэ, 2005 г.

2. На научных семинарах: в институте леса им. Сукачева СО РАН, Красноярск, 2005 г.; в институте астрономии и геофизики АН Монголии, Улан-Батор, 2005 г.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ.

### **Личный вклад автора**

Автором проанализирован значительный объем историко-хронологической информации об опасных природных процессах проявившихся не только на территории Сибири и Монголии, но и всего мира, по которому выявлены основные периоды активизации опасных природных ситуаций во времени и в связи с вариациями солнечной активности. Составлены прогнозные модели развития опасных природных процессов в будущем на срок от 10 до 20% длины временных рядов.

### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, изложена на 146 страницах машинописного текста, содержит 91 рисунок, 10 таблиц, 8 приложений, сопровождается библиографическим списком из 126 наименований

### **Благодарности**

Автор выражает признательность своему научному руководителю д.г.-м.н., проф. А.Г. Дмитриеву за полезные и своевременные советы при подготовке диссертации. Автор выражает благодарность д.г.-м.н., проф. К.Г. Леви за предоставленные эксклюзивные материалы по истории Сибири и консультации по статистической обработке данных. Автор выражает глубокую благодарность д.т.н., проф. Е.А. Руш за методические рекомендации и консультации по подготовке диссертации. Автор глубоко благодарен руководству института астрономии и геофизики АН Монголии и его сотрудникам С. Нинжбалгар, Б. Балжинням, Д. Баасанджаву за предоставление материалов по истории Монголии. Автор выражает искреннюю признательность заведующему отделом краеведческой литературы, библиографии и книжных памятников Иркутской областной государственной универсальной научной библиотеки им. И.И. Молчанова - Сибирского Т.К. Измайловой за содействие в поиске историко-архивных материалов

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Опасные природные процессы, понятийная база, методы исследований**

Дан обзор представлений о причинах цикличности опасных природных процессов. Приведен ряд определений и пояснений тем экстремальным природным ситуациям, которые анализируются в диссертационной работе - землетрясения, вулканические извержения, экзогенные гравитационные процессы (сели, обвалы, оползни), атмосферные явления (циклоны, ураганы, торнадо, шквалы и т.д.) Обоснована необходимость использования историко-хронологической информации об опасных природных процессах для осуществления долго- и

среднесрочного прогноза. Представлена характеристика созданной историко-хронологической описательной базы данных, включающей в себя более 27 000 сообщений об экстремальных природных ситуациях прошлого с разных континентов (за 500 лет), из Сибири и Монголии (за 250 лет) Таблица 1 иллюстрирует распределение объема информации в базе данных.

Рассмотрены причины неравномерности потока информации из прошлого, связанного с ростом численности населения Земли и увеличением количества информаторов; утратой исторических документов в силу различных причин: уменьшением потока информации во время возмущений в социуме; закрытостью информации в связи с особенностями политической конъюнктуры; развитием научно-технического прогресса Доказана необходимость введения при статистическом анализе данных о процессах поправок за рост численности населения, расширения географического знания во времени, развития инструментальных наблюдений.

Таблица 1

Соотношение площади, численности населения и количества информации в базе данных для разных континентов

№ п/п	Континент	Площадь, S, млн км <sup>2</sup>	Численность населения в % от 6 млрд человек, Np	Число сообщений
1	Азия (без Сибири и Монголии)	44	57.3	5060
2	Сев и Южн Америки	42	11.6	2 800
3	Африка	30	11.5	596
4	Европа	10.5	11.3	6 930
5	Сибирь и Монголия	12.6	7.0	10 058
6	Австралия, Антарктида и Океания	22.5	1.3	1 160

Представлена проблема прогноза землетрясений, вулканических извержений, экзогенных гравитационных процессов. Обоснован геоинформационный подход к среднесрочному прогнозу, опирающийся на метод суммирования главных гармоник относительно эпох максимальной активности того или иного опасного природного процесса в 500-летнем временном ряду, учитывая особенности созданной описательной историко-хронологической базы данных.

## Глава 2. Временные вариации интенсивности проявления опасных эндогенных и экзогенных природных процессов

Количество сообщений об опасных природных ситуациях по миру, включая Сибирь и Монголию, составило 26 604 события. Анализ выборки показал, что в ней насчитывается 6 385 сообщений о землетрясениях, что составляет около 23 % и 7 204 сообщения о вулканических

извержениях – около 26 % от всей совокупности мировых данных, прочие опасные экзогенные и биологические процессы составляют 51 %.

Главной целью исследования было выявление периодичности активизации опасных природных процессов по числу сообщений из разных регионов Земли.

**Землетрясения.** Из хронологической таблицы были выбраны сообщения о землетрясениях, произошедших в мире (за 500 лет) и, отдельно, в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе (за 250 лет).

Для отображения реальной картины развития процесса в прошлом и настоящем было выполнено согласование историко-хронологической и мониторинговой баз данных о землетрясениях с учетом частоты их повторяемости и осязаемости, зависящей от энергии и глубины залегания очага. Для этого из каталогов инструментально зарегистрированных землетрясений были выбраны лишь те события, магнитуда которых превышала  $M \geq 4.5$ . Известно, что землетрясения именно такого энергетического уровня, как правило, ощущаются на обширных территориях (рис. 1. 2).

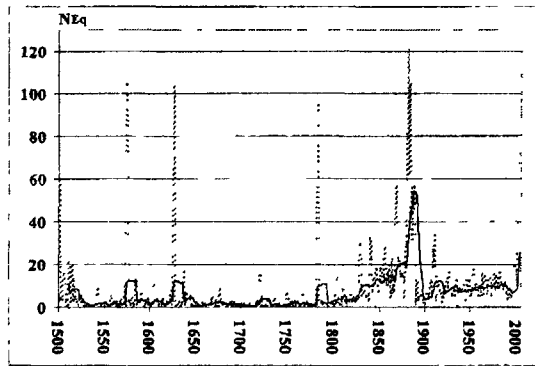


Рис. 1. Вариации числа сообщений ( $N_{eq}$ ) об осязаемых землетрясениях в мире, Сплошная линия – результат сглаживания методом скользящей средней

При статистическом анализе сейсмического процесса выборки были разделены на две части – доинструментальный и инструментальный периоды. Рисунок 3 иллюстрирует фрагмент выборки инструментального периода в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе

Для получения реальной картины развития процесса ко всем выборкам был применен тренд-анализ. Именно эти данные использовались для реализации спектрального анализа.

Для ряда исторических землетрясений мира и Монголо-Байкальского сейсмического пояса по косвенным признакам оценена магнитуда, являющаяся косвенной энергетической оценкой событий, что позволяет определить величину суммированного по годам сейсмического энергопотока.

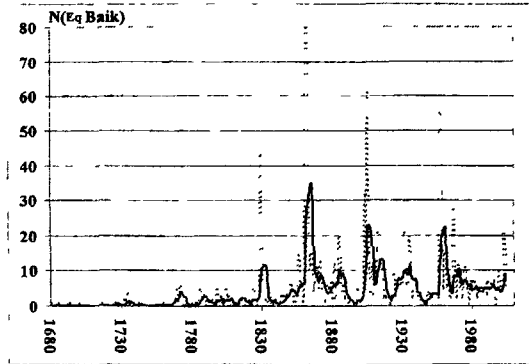


Рис 2 Вариации числа сообщений об ощутимых землетрясениях ( $N_{Eq}$ ) в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе с 1680 по 2004 гг

Временные интервалы, где сведения об энергии землетрясений отсутствовали, были заполнены минимальными значениями энергопотока, содержащимися в выборке (рис. 4.).

Анализ вариаций сейсмичности, как по числу событий, так и суммарной выделившейся энергии, позволил оценить главные периоды активизации процесса в мире (500 лет): по числу событий - 19-25, 40, 125, 170 лет; по величине сейсмического энергопотока - 5, 18-25, 50, 130-135, 200 лет.

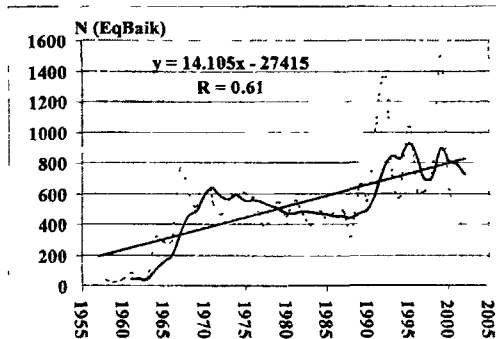


Рис 3 Вариации числа сообщений ( $N_{Eq}$ ) об инструментально зарегистрированных землетрясениях в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе (объем выборки 23239 событий)

В доинструментальной и инструментальных частях выборки присутствует единообразные периоды: по числу событий - 5-6, 18-25, 40-50 лет; по величине энергопотока - 5-7 лет.

Сравнительный анализ проявления сейсмичности в мире и Монголо-Байкальском сейсмическом поясе в инструментальный период (1902-2002 гг.) позволил обнаружить единообраз-

ные ритмы активизации: по величине энергопотока - 7-8 лет; по числу событий - 5-

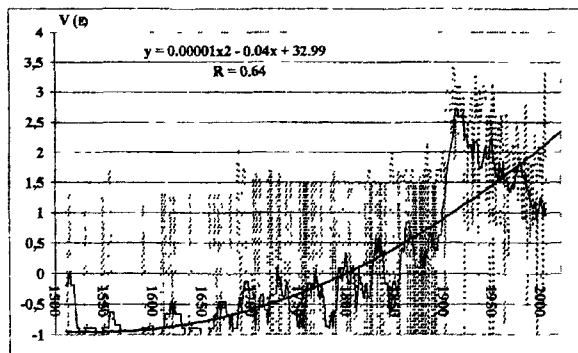


Рис 4 Вариации скорости выделения сейсмической энергии в мире ( $V_E$ , отн. ед./год). Сплошная линия - сглаженные 5-летним окном значения  $V_E$

8, 20-26, 34, 50 лет. Результаты анализа представлены в сводной таблице 2.

Таблица 2.

Сводная таблица результатов спектрального анализа временных рядов числа землетрясений и величины энергопотока (мировая хронология и Монголо-Байкальский сейсмический пояс)

Интервал, годы	Номер гармоник						
	1	2	3	4	5	6	7
Мировая хронология (число событий)							
1501 - 2002			19-25		42	126	170
1501 - 1902	5		18-25		50	130-135	200
1902-2002	5-6	9-13	25-26	34	50		
Монголо-Байкальский регион (число событий) 1902-2002							
1902-1957	6-8		20-26	34	51		
1957-2002	6-8	7-11	28				
Мировая хронология (величина энергопотока) 1501-2002							
1501-1902	5		18-25		50	130-135	200
1902-2002	7	12					200
Монголо-Байкальский регион (величина энергопотока) 1742-2002							
1742-1902	5	8-11	18	32	52		
1902-2002	5	8	18				
		8-11	17	34			

**Вулканизм.** Анализ выборки, характеризующей частоту вулканических извержений за последние 500 лет, показал экспоненциальное нарастание числа событий от года к году (рис. 5), что связано с расширением границ географических знаний и увеличением числа наблюда-

телей.

Для ряда извержений указаны значения объема или массы изверженного материала; высоты выбросов пирокластического материала в атмосферу; размеры кратеров, возникших при взрывах вулканических аппаратов. Эти параметры позволили получить корреляционно-регрессионные зависимости и по косвенным признакам оценить возможную энергию вулканических извержений прошлого. Таблица 3 является фрагментом основы вычислений необходимых для пополнения базы значений  $E$ , (эрг).

Установлены основные периоды активизации вулканизма: энергопоток - 6, 10, 30-36, 70, 250 лет, число событий - 7, 12, 20, 60, 100, 170 и 250 лет. Коэффициент корреляции вулканического и сейсмического энергопотоков составил  $R = 0.47 \pm 0.08$ . Регулярность совпадения максимумов энергопотоков сейсмичности и вулканизма составляет 10, 20, 30, 40 лет.

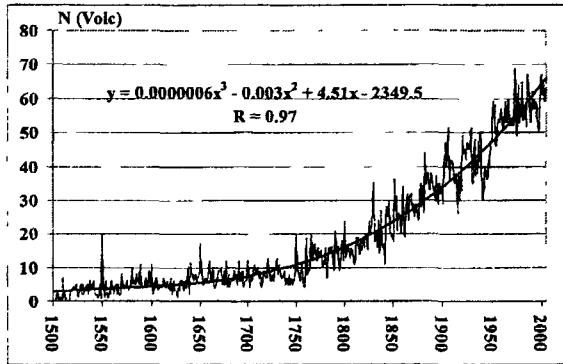


Рис 5 Вариации числа вулканических извержений ( $N_{\text{Voic}}$ ) (мировая хронология по Гущенко (1979), с дополнениями автора)

Таблица 3

Примерное соотношение параметров вулканических извержений

$I_{\text{Voic}}$ (VEI)	$Lg E$ , эрг	$Lg M$ , т	$Lg D$ , км	$Lg H$ , км	Пример вулканического извержения, годы
0	21	6.2	-1.3	0.2	Кувае, о-ва Вануату, 1978
1	22	6.8	-1	0.4	Баранский, Южные Курилы, 1951
2	23	7.5	-0.5	0.7	Камигуин, Филиппины, 1857
3	24	8.2	-0.1	0.9	Карымский, Камчатка, 1976
4	24.5	8.5	0.1	1	Алаид, Курилы, 1981
5	25	8.9	0.25	1.1	Чикурачки, Курилы, 1853
6	26	9.6	0.7	1.4	Санта-Мария, Гватемала, 1902
7	27	10.2	1.1	1.6	Тамбора, Индонезия, 1813-1815
8	28	11?	1.6?	1.8?	Санторин (?), 1650-1400 до н.э

**Экзогенные гравитационные процессы.** Разработанная база данных позволяет рассмотреть вариации по времени экзогенных гравитационных процессов (ЭГП) только с 1775 по 2003 г. Периоды активизации ЭГП составили: в мире - 46, 58 лет, Сибири и Монголии - 13, 21-26,

38, 46, 58, 77. 115 лет Спектральный анализ разделенной выборки сообщений об ЭГП в мире с 1775 по 1885 гг. позволил выявить следующие ритмы: 8, 11-16, 22-28 и 55 лет; с 1885 по 2003 гг.: 9, 12-17, 24-30, 40 и 60 лет.

**Атмосферные штормы** В результате спектрального анализа всей выборки (1501-2004 гг.) установлены основные периоды активизации процесса: 16, 39-46, 50, 72, 84, 100 и 126 лет; в позднем средневековье с 1501 по 1885 гг.: 10-16, 23-33, 46-58, 77 и 115 лет. Всплеск потока информации наблюдается во второй половине XIX в. Вероятно, это связано, как с совершенствованием гидрометеорологических наблюдений, так и с развитием морских сообщений между континентами. Периоды активизации атмосферных процессов в промежутке времени с 1885 по 2004 гг. имеют продолжительность: 10-15, 20-30, 40 и 60 лет. Несмотря на разный объем информации в выборках, наблюдается сходство флуктуаций: 10-15, 22-30, 40 лет. Рассмотрены взаимоотношения вариаций турбулентности атмосферы и проявления экзогенных гравитационных процессов. Коэффициент корреляции указывает на достаточно тесную связь между процессами:  $R = 0.7$ . Установлено совпадение активизации турбулентности атмосферы и ЭГП через промежуток времени равный 40-45 годам.

Эквивалентность основных периодов активизации эндогенных и экзогенных процессов свидетельствует о существовании надсистемного фактора контролирующего ход процессов.

### **Глава 3. Периодичность природных процессов и вариации солнечной активности**

В основе данного исследования лежит предположение, что рассматриваемые процессы являются частью единого физического механизма в системе «Солнце-Земля». При исследовании зависимости между процессами, солнечную активность оценивали в числах Вольфа, поскольку это единственный в настоящее время продолжительный ряд наблюдений за Солнцем, длина которого превышает 250 лет.

Увеличение числа землетрясений в мире и Монголо-Байкальском сейсмическом поясе в некоторые периоды времени спонтанно возрастает, совпадая с каждым 3 циклом солнечной активности. Кросскорреляционный анализ позволил установить наличие двух временных интервалов, при которых всплески сейсмической активности в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе совпадают с эпохами активного Солнца: первый - «короткий» около 125 лет и второй - «длинный» с полупериодом 180 лет.

Взаимная корреляция гелиофизических факторов и вулканизма не обнаружила четкой зависимости процессов ( $R = 0.2$ ). Кросскорреляция исследуемых параметров не позволила выявить сколько-нибудь значимые запаздывания или опережения всплесков вулканической ак-

тивности относительно максимумов солнечной активности. Вероятно, мы имеем дело с каким-то полупериодом продолжительностью 180-200 лет

Ритмы активизации ЭГП запаздывают или опережают максимумы солнечной активности с периодом 20-30 лет. Кросскорреляционный анализ выявил совпадение активности атмосферы и солнечной активности с периодом 18-22 года (солнечный цикл Хэйла)

Кластерный анализ (рис 6) иллюстрирует характер взаимоотношений среди рассматриваемых процессов. Наиболее тесной связью между собой обладают сейсмичность и вулканизм. Влияние Солнца происходит опосредованно через атмосферу, что не противоречит современным представлениям.

Расчет парных корреляционных коэффициентов так же свидетельствует о тесной сопряженности сейсмичности и вулканизма ( $R = 0.46$ ), ЭГП и вулканизма ( $R = 0.46$ ), ЭГП и атмосферных штормов ( $R = 0.67$ ). Более низкие коэффициенты корреляции процессов с солнечной активностью ( $R = 0.11, 0.13, 0.12$ ) и смещение периодов активизации во времени друг относительно друга могут быть обусловлены: во-первых - опосредованным влиянием солнечной активности; во-вторых - запаздыванием реакции геосфер на действие гелиофизических факторов.

F1 - солнечная активность; F2 - землетрясения; F3 - вулканические извержения; F4 - обвалы, сели, оползни; F5 - атмосферные штормы

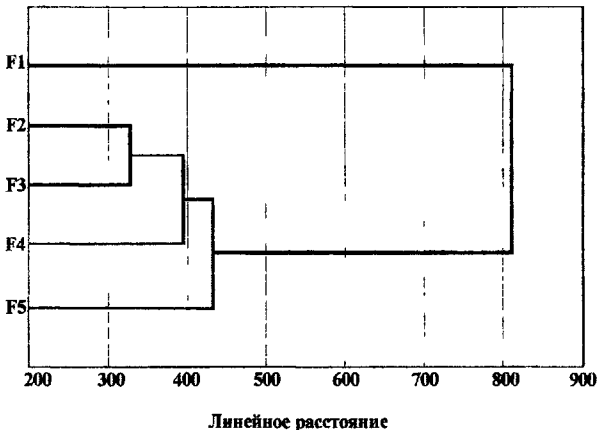


Рис 6 Дендрограмма кластерного анализа рассматриваемых эндогенных и экзогенных процессов

#### Глава 4. Геоинформационные подходы к прогнозированию опасных природных процессов

Исходя из особенностей созданных историко-хронологических баз данных, вероятность возникновения той или иной экстремальной ситуации может быть определена путем суммиро-

вания периодов активизации разных продолжительностей, характеризующих развитие процесса в 500 летнем временном ряду.

Основные этапы работы с временными рядами были следующими. 1 - выборка годов максимального числа сообщений о рассматриваемом процессе и значений основных периодов активизации; 2 - суммирование гармоник относительно всплесков активности геологических процессов.

Приведем пример модельной кривой для прогноза солнечной активности, выраженной в значениях чисел Вольфа. Для нее были подобраны продолжительности циклов: 11, 22, 45, 85, 120, 220, 400 лет. Амплитуда всех гармоник была принята равной 1. Суммирование производилось относительно следующих максимумов солнечной активности - 1778, 1837, 1870, 1947, 1957, 1980 и 1989 гг.

Сопоставление показало, что наилучшим образом модельная кривая сопоставляется с реальной, если за точку отсчета принять 1957 г. Во временном ряду с 1749 по 2004 гг. этот цикл солнечной активности был самым высоким. Максимум 24 цикла, по принятой Цюрихской нумерации, придется на  $2013 \pm 1$  год и будет схож с 14 циклом, максимум которого наблюдался в 1905 г. Его интенсивность, вероятно, не превысит 62-63 5 W (рис. 7).

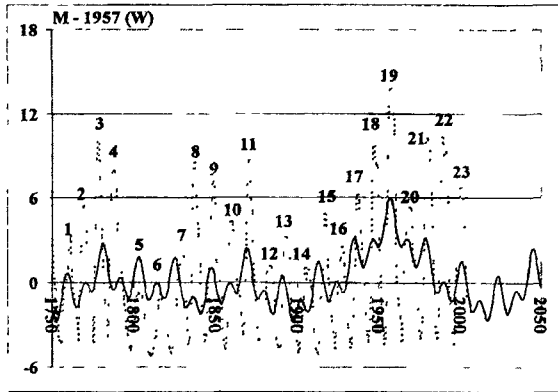


Рис 7 Результат моделирования солнечной активности

Моделирование совокупности опасных природных ситуаций производилось относительно 1910-1911 гг. В модельном ряду намечается тенденция повышения и понижения числа сообщений об опасных природных процессах с периодом примерно равным 150 годам, нарастание количества опасных природных ситуаций может произойти к 2010-2015 гг.

Моделирование временных вариаций сейсмичности производилось как по числу землетрясений, так и по величине суммарной выделившейся по годам энергии. Есть все основания

предполагать относительное увеличение сейсмических энергопотерь в 2006 и 2016-2020 гг. Нарастание числа сейсмических событий может произойти в интервале времени 2007-2015 гг.

Анализ прогнозной модельной кривой для вулканической активности указывает на возможный всплеск активизации процесса в 2006-2007 гг. Прогнозная модель для экзогенных гравитационных процессов строилась относительно 1963 г. Усиление экзогенных гравитационных процессов не следует ожидать в интервале времени 2005-2010 гг.

Изменение интенсивности турбулентных процессов в атмосфере показало, что наилучшим образом оригинальная кривая согласуется с модельной, если допустить, что наиболее активной атмосфера была в 1906 г. Турбулентность атмосферы может увеличиться в 2010 г.

На диаграмме (рис. 8) вариации опасных природных процессов прогнозируются на 15 лет вперед. Каждый процесс живет в рамках собственной цикличности и экстремумы могут не совпадать по времени. Таким образом, можно констатировать, что историческую информацию можно использовать для прогнозирования опасных природных процессов.

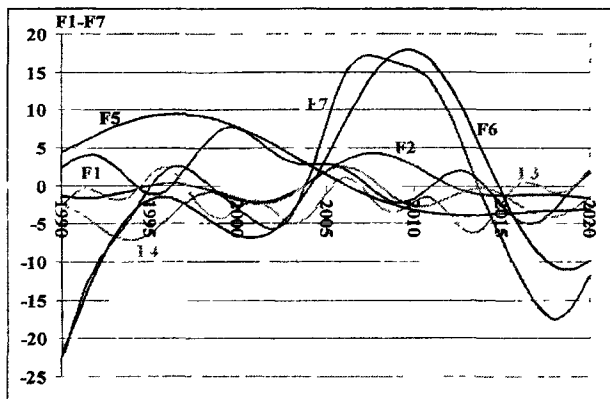


Рис 8 Совмещение фрагментов прогнозных кривых на временной шкале. Обозначения на диаграмме - F1 – вариации солнечной активности, F2 – вариации числа сейсмических событий, F3 – вариации годового сейсмического энергопотока, F4 – вариации числа вулканических извержений, F5 - вариации интенсивности экзогенных гравитационных процессов, F6 – изменение турбулентности атмосферы и F7 – вариации проявления совокупности опасных природных процессов

Дальнейшие исследования необходимо направить на пополнение описательных баз данных об опасных природных процессах, что позволит совершенствовать достоверность среднесрочного прогноза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное внимание в работе было уделено исследованию динамики временных вариаций интенсивности опасных природных процессов и разработке геоинформационных подходов к

их прогнозированию. Впервые для Сибири и Монголии созданы описательная историко-хронологическая и цифровая базы данных об опасных природных процессах, проявившихся в течение последних 250 лет. Разработаны аналогичные базы данных для разных континентов за последние 500 лет. На основании историко-хронологических и мониторинговых данных проанализированы статистические характеристики изменчивости процессов эндогенного (землетрясения и вулканизм) и экзогенного характера (гравитационные процессы, атмосферные явления). Выполнен сравнительный анализ проявления сейсмичности в мире и на территории Сибири и Монголии. Исследованы закономерности влияния солнечной активности на систему геологических процессов. Реконструкция развития опасных природных ситуаций в прошлом позволила выполнить компьютерное моделирование процессов в будущем.

#### Основные результаты и выводы:

1. Построены длительные исторические хронологии об опасных природных ситуациях, возникавших в мире (500 летние), впервые для территории Сибири и Монголии (250 лет).
2. При статистическом анализе историко-хронологических данных необходимо вводить соответствующие поправки, поскольку поток информации об опасных природных явлениях из прошлого к настоящему существенно зависит от демографического закона, социально-экономической зрелости общества и научно-технического прогресса.
3. Выполнено согласование историко-хронологической и мониторинговой баз данных о землетрясениях с учетом частоты их повторяемости и ощутимости. Анализ вариаций сейсмичности определил главные периоды активизации процесса в мире (500 лет): по числу событий - 19-25, 40, 125, 170 лет; по величине сейсмического энергопотока - 5, 18-25, 50, 130-135, 200 лет. В доинструментальной и инструментальных частях выборки присутствует единообразные периоды активизации по числу событий - 5-6, 18-25, 40-50 лет; по величине энергопотока - 5-7 лет. Сравнительный анализ проявления сейсмичности в мире и Монголо-Байкальском регионе в инструментальный период времени (1902-2002 гг.) обнаружил единообразные ритмы активизации по числу событий - 5-8, 20-26, 34, 50 лет; по величине энергопотока 7-8 лет.
4. Установлены основные периоды активизации вулканизма: энергопоток - 6, 10, 30-36, 70, 250 лет; число событий - 7, 12, 20, 60, 100, 170 и 250 лет. Регулярность совпадения максимумов энергопотоков сейсмичности и вулканизма составляет 10, 20, 30, 40 лет.
5. Периоды активизации ЭГП имеют продолжительность в мире - 46, 58 лет (500 лет), Сибири и Монголии - 13, 21-26, 38, 46, 58, 77, 115 лет (250 лет). Длительность флуктуаций атмосферных явлений составляет 10-15, 22-30, 40 лет. Установлено совпадение активности атмосферы и ЭГП через промежуток времени равный 40-45 годам.

6. Наблюдается эквивалентность периодов увеличения солнечной активности и эндогенных экзогенных процессов: 22 года, 30-45 лет, 50-70 лет.

7. Совместные периоды активизации сейсмичности и эпохи активного Солнца происходят через промежуток времени 125, 180 лет; вулканизм - 180-200 лет. ЭГП запаздывают или опережают максимумы солнечной активности с периодом 20-30 лет. Увеличение турбулентности атмосферы и гелиофизических факторов происходит через промежуток времени равный 18-22 годам (солнечный цикл Хэйла).

8. Историко-хронологическую информацию следует использовать для прогнозного моделирования опасных природных процессов, используя метод суммирования главных гармоник.

9. Нарастание совокупности опасных природных процессов следует ожидать к 2010-2015 гг.; сейсмического энергопотока в 2006 и 2016-2020 гг., числа сейсмических событий в 2007-2015 гг., вулканических извержений в 2006-2007 гг. Активизации ЭГП процессов не следует ожидать в 2005-2010 гг., тогда как турбулентность атмосферы может возрасти в 2010 г.

10. Дальнейшие исследования необходимо направить на пополнение описательных баз данных об опасных природных процессах, что позволит совершенствовать достоверность среднесрочного прогноза.

11. Основные полученные результаты исследований представляют практическую ценность и используются для анализа чрезвычайных ситуаций природного характера в Главном управлении МЧС России по Иркутской области.

#### **Список публикаций автора по теме диссертации**

1. Леви К.Г., Буддо В.Ю., Задонина Н.В. 500-летняя Сибириада природно-социальных процессов и возможные подходы к среднесрочному прогнозу экстремальных природно-социальных ситуаций // Природно-техногенная безопасность Сибири. Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф: Тр. научн. мероприятий / Под ред. Ю. И. Шокина, Н.А. Махутова, В. В. Москвичева. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. - С. 97-104.

2. Леви К.Г., Задонина Н.В., Воронин В.И., Глызин А.В., Дмитриев А.Г. Историко-хронологический анализ возникновения экстремальных природных и социальных ситуаций в Восточной Сибири // Анализ, оценка и управление рисками на уровне региона: техногенные, природные и социальные аспекты: Сб. науч. докл. - Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2001 – С. 18-27.

3. Леви К.Г., Задонина Н.В., Воронин В.И., Глызин А.В., Дмитриев А.Г., Бердникова Н.Е. Исторические хроники о природно-социальных изменениях в Сибири и среднесрочный прогноз экстремальных природных и социальных ситуаций: Тез. докл. 1-ой Международной научно-практической конф «Человек-Среда-Вселенная». – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001 — С. 20-22.

4. Леви К.Г., Задонина Н.В., Бердникова Н.Е., Воронин В.И., Глызин А.В., Шлезер Г.Х., Хелле Г. Экстремальные ситуации в природе и социуме сибирских губерний и их дендроиндикация // Основные закономерности глобальных и региональных изменений климата и природ-

ной среды в позднем кайнозое Сибири - Новосибирск: Изд-во ИАЭ СО РАН, 2002. - Вып 1. - С. 303-322.

5. Современная геодинамика и гелиогеодинамика: Учеб. пособие / К.Г. Леви, С.А. Язев, **Н.В. Задонина** и др. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. - 182 с.

6. Краткая Сибирская летопись (Кунгурская) / Составители К.Г. Леви, **Н.В. Задонина**. - Иркутск: Изд-во «Время странствий», 2003. - 176 с.

7. Современная геодинамика и гелиогеодинамика. 500-летняя хронология аномальных явлений в природе и социуме Сибири и Монголии: Учеб. пособие для вузов / К.Г. Леви, **Н.В. Задонина**, Н.Е. Бердникова и др. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. Кн. II. - 384 с.

8. Леви К.Г., **Задонина Н.В.** Соотношение природных аномалий, возникавших в Сибири - 250-летняя хронология // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания. - Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2003. - С 144-146.

9. Леви К.Г., Язев С.А., **Задонина Н.В.** Глобальные природно-климатические изменения в истории Земли - исторический мониторинг природных аномалий в Сибири и возможности их прогноза // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. - Иркутск: ИЗК СО РАН - ИрГТУ, 2004. - С. 23-46.

10. **Задонина Н.В.**, Саньков В.А., Леви К.Г. Современная геодинамика и гелиогеодинамика. Природные катастрофы и организация превентивных мероприятий при чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. - 86 с.

11. **Задонина Н.В.**, Дмитриев А.Г., Масальский О.К., Самовольнов И.Н., Медус А.И. Современная геодинамика и гелиогеодинамика. Пособие по обеспечению личной безопасности при чрезвычайных ситуациях природного происхождения. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. - Кн. V. - 102 с.

12. **Задонина Н.В.** Климатические изменения в историческом прошлом. Анализ временных рядов // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. - С. 222-223.

13. Карта эпицентров землетрясений Восточной Сибири, произошедших за период 1950-2005 гг. / Ред. К.Г. Леви, О.К. Масальский Авторы: В.В. Ружич, Н.А. Гилева, **Н.В. Задонина** - Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН. -2005.

14. Атлас. Озеро Байкал. Прошлое. Настоящее. Будущее. - Иркутск: ФГУП Восточно-Сибирское Аэрогеодезическое предприятие, 2005. - 117 с. (**Н.В. Задонина** составитель 109 листа)

15. Леви К.Г., Язев С.А., **Задонина Н.В.** Глобальные потепления и похолодания и их причины // Солнце, Земля, вода и энергия: Материалы научн. чтений, посвященных 75-летию со дня рождения академика И.П. Дружинина: Тр. Вост.-Сиб. отд. АПВН. - Вып. 2. - Новосибирск: Наука, 2005. - С. 21-36.

Формат 60x84 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0.9

Уч.-изд.л. 1.2 Тираж 100 экз. Зак. **319** Поз. плана

№ 24991

РНБ Русский фонд

2006-4

29939