

УДК 550.34.012

## ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ – 2003–2005 гг. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2005 г. ДГП «Институт сейсмологии» выполнял программу фундаментальных исследований «Изучить закономерности сейсмических процессов орогенов Казахстана как научную основу прогноза землетрясений оценки сейсмического риска», программу прикладных исследований: «Модернизация сети сейсмических наблюдений и организация локального сейсмомониторинга», проект «Прогнозирование развития капитального строительства в регионах добычи и переработки углеводородного сырья и разработка рекомендаций по снижению последствий техногенных катастроф» в программе прикладных исследований «Научно-технологическое обеспечение развития промышленности Казахстана».

В результате выполнения указанных программ и проектов получены следующие основные научные результаты в соответствии с плановыми заданиями.

**Программа «Изучить закономерности сейсмических процессов орогенов Казахстана как научную основу прогноза землетрясений оценки сейсмического риска».**

**Тема: Изучить закономерности сейсмических процессов орогенов Казахстана как научную основу совершенствования методов прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска. Руководитель – академик НАН РК А. К. Курскеев.**

Выявлены структурно-вещественные особенности земной коры и верхней мантии орогенов Центрально-Азиатского пояса, в состав которого входят и орогены Казахстана. Установлены тектонические особенности глубинной геодинамики; разработан классификационный ряд типовых моделей земной коры различных областей орогенеза и прилегающих платформ; составлены карты новейшей геодинамики Северо-Тянь-Шаньского и Жонгарского орогенов. Выявлены геодинамические и геофизические особенности сейсмичности земной коры как основа оценки

сейсмической опасности и риска.

Установлены численные значения основных параметров напряженно-деформированного состояния земной коры структурных неоднородностей Северо-Тянь-Шаньского орогена; выявлены термодинамические и реологические характеристики очаговых зон землетрясений, произошедших в XX веке в земной коре Северо-Тянь-Шаньского орогена. Разработаны физико-математические модели накопления напряжения в земной коре и очаговых зонах, а также механизмов взаимообмена энергией между упругой и упруговязкой средой в земной коре. Изучены механизмы поступления внешней энергии в земную кору и передачи накопившейся в структурах сейсмической энергии потенциальным зонам очагов сильных землетрясений.

Установлены основные (доминантные) ритмы в сейсмических, геофизических, гидрогеологических и биологических полях; на основе созданных и адаптированных программных средств изучены закономерности ритмического взаимодействия природных процессов. Разработаны физические модели пространственной и временной динамики природных процессов различной периодичности в связи с долго-, средне- и краткосрочным прогнозом сильных землетрясений.

Разработаны и усовершенствованы алгоритмы и программные средства мониторинга современного состояния геодинамической системы Северного Тянь-Шаня и происходящих в земной коре сейсмических процессов; разработана ГИС-технология долго-, средне- и краткосрочного прогноза землетрясений. На основе спектральных характеристик сейсмического режима на территории Тянь-Шаньского орогена выделены наиболее потенциальноопасные области активизации сейсмических процессов и выявлены ожидаемые периоды их проявления в этих областях.

Изучены периоды активизации сейсмичности земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонгарии на основе среднесрочных изменений (1–2 года)

скорости вращения Земли вокруг своей оси, солнечной активности и приливообразующих сил. Выявлены в земной коре Северного Тянь-Шаня пространственно-временные особенности динамики параметров сейсмического режима ( $RTL$ ;  $V_p / V_s$ ;  $N_{10} / N_9$ ), вариаций геомагнитного поля и ГГХ параметров флюидного режима. Построены сеточные модели и карта среднесрочного прогноза землетрясений.

Разработан сейсмопрогностический комплекс; разработаны программные средства, построены сеточные модели для краткосрочного прогноза на основе ГИС-технологий по комплексу данных на основе выявленных пространственно-временных закономерностей параметров сейсмического режима, геофизических полей, флюидного режима (ГГД и ГГХ параметры), деформационного и биологического полей для краткосрочного прогноза землетрясений в сеймотектонических условиях земной коры Северного Тянь-Шаня.

Создана фактологическая основа, включающая геологические, геофизические и сейсмологические данные; выявлены критерии оценки сейсмической опасности; разработаны сейсмологические и сеймотектонические модели сейсмогенерирующих зон для Северного Тянь-Шаня. Дана оценка сейсмической опасности Заилийского Алатау и угрозы особо опасных сейсмообусловленных катастрофических процессов территории бассейнов рек Большой и Малой Алматинки. Впервые составлена «Карта сейсмообусловленных катастрофических процессов Северного Тянь-Шаня» в масштабе 1: 500 000 с обозначением участков прогнозируемых дислокаций и лавинообразования; очагов и русел сейсмогенных селей, обвалов, оползней.

Впервые получены данные об особенностях структурно-вещественной организации тектоносферы и геодинамики в различных типах орогенов напряженно-деформационного состояния земной коры в очаговых зонах сильных землетрясений и усовершенствованы методы прогноза сильных потенциальных землетрясений.

**Тема: Разработать динамические модели техногенного воздействия и напряженно-деформированного состояния резервуара и обновить систему комплексного геодинамического мониторинга.** Руководитель – академик МАМР Е. Н. Нусипов.

Созданы картографические геолого-тектонические модели строения верхней части земной коры как основа геодинамического районирования и сеймотектонической модели Прикаспийского региона (карты: районирования альпийских структур, геологическая, четвертичных отложений, структурно-геоморфологическая, новейшей тектоники).

Разработана карта новейшей геодинамики Прикаспийского региона, отражающая новейшие геодинамические системы и показатели геодинамической неустойчивости региона (особенности строения земной коры, активные и галокинетические разломы, грязевой вулканизм, распространение морских трансгрессий, сейсмичность).

Разработана сеймотектоническая модель Прикаспийского региона, отражающая реальные и потенциальные зоны возникновения землетрясений (линеamentная и доменная компоненты 3D-модели). На ее основе составлена карта сейсмического районирования названного региона в м-бе 1:2 500 000, на которой показаны зоны ожидаемых сейсмических воздействий (в баллах шкалы М8К-64).

Создана электронная база данных «Каспий ОСР-2005», которая содержит 43 цифровые модели 3D-компонент сейсмогенерирующих зон в текстовом и двоичном форматах, каталог землетрясений региона (очищенный от афтершоков и эффектов подземных ядерных взрывов), цифровые модели повторяемости сейсмических событий для всех сейсмогенерирующих зон в отдельности. На основе названной базы данных составлены вероятностные карты сейсмического районирования Прикаспийского региона в м-бе 1:2 500 000.

Составлены и закодированы двумерные  $U_p$ -скоростные модели по 34 профилям, пересекающим в различных направлениях Прикаспийский регион, которые явились основой для создания данных 3D P-скоростной модели. По ряду профилей разработаны плотностные модели земной коры, учитывающие влияние солевого комплекса.

Создана уникальная база данных 3D P-скоростной модели земной коры и верхней мантии Прикаспийского региона; разработаны алгоритм и программное обеспечение объемного глубинного геофизического моделирования как по профильным сечениям, так и по латеральным.

Созданы картографические геофизические модели латеральных сечений земной коры и верхней мантии как основа геодинамического районирования и оценки сейсмической опасности Прикаспийского региона (карты: структуры подошвы коры и активной мантии, структуры различных Р-скоростных уровней, структуры кровли консолидированной коры, мощности консолидированной коры, районирования по типам земной коры).

Создана объемная 5-слойная 3D плотностная модель Прикаспийской впадины, состоящая из пяти комплексов: надсолевого, соленосного, осадочного подсолевого (ограниченного поверхностью фундамента), нерасчлененного гранитного и базальтового, мантийного.

Разработаны алгоритм и программные средства для определения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) земной коры и верхней мантии Прикаспийской впадины.

Разработаны информационные основы сейсмологических исследований. Впервые для Прикаспийского региона и прилегающих территорий создан единый региональный каталог основных параметров и механизмов очагов землетрясений с учетом данных последних лет, на базе которых изучены характеристики сейсмичности.

Проведена количественная оценка сейсмичности (карты эпицентров, сейсмической активности, плотности эпицентров, графики повторяемости, механизмы очагов и др.). Установлены наиболее сейсмоактивные зоны прилегающих регионов (Восточно-Кавказская, Каспийская, Красноводская), представляющие сейсмическую опасность для Казахстанского Прикаспия.

Разработана методика расчета и создана картографическая модель мощности источников сейсмической энергии Прикаспийского региона.

Приведены методика и основные результаты интерпретации очаговых волн на основе азимутальных годографов. Показана возможность оценки длины очага, скорость вспарывания разрыва и направления разрывообразования при землетрясениях.

На основе современной ГИС-технологии созданы специализированная электронная база и картографические модели комплекса сейсмогеофизических данных (14 параметров), по которым разработана методика их интегрированного анализа. Создана физико-математическая модель взаимосвязи величины максимального возмож-

ного землетрясения  $M_{max}$  с исходными сейсмогеофизическими полями и проведено районирование территории по  $M_{max}$ .

Исследованы общие принципы ОСР на основе вероятностных оценок сейсмической опасности в региональном масштабе.

Разработана методика определения глубин гипоцентров пространственных сейсмических источников.

Составлен комплект карт оценки вероятностей превышения максимальных воздействий для казахстанской части территории Прикаспийского региона в 10; 5 и 1% в ближайшие 50 лет.

Разработаны алгоритмы и программы обработки космических снимков.

Разработана схема линеаментов и активных разломов по данным обработки космических снимков, которая использована при составлении сеймотектонической и геодинамической моделей Каспийского региона, а также при расчете регионального напряженно-деформированного состояния литосферы.

Созданы карты современных движений Каспийского региона.

В целом разработаны концепция и программа создания геодинамических полигонов и геодинамического мониторинга нефтегазовых месторождений. Разработаны и внедрены регламенты геодинамического мониторинга.

**Тема: Усовершенствовать количественные методы оценки сейсмических воздействий как основу предотвращения разрушительных последствий сильных землетрясений (на примере г. Алматы).** Руководитель – д.т.н. Т. Абаканов.

На основе обработки, анализа и интерпретации мировых данных и результатов исследований, полученных в рамках данной темы, разработаны: количественные методы оценки возможных сейсмических воздействий на территории г. Алматы;

рекомендации по созданию инженерно-сейсмометрической службы на территории г. Алматы;

рекомендации по выбору оптимальных типов инструментальных схем зданий и сооружений в сейсмоопасных районах с учетом резонансных явлений в системе «грунт – сооружение»;

методика оценки риска хозяйственной деятельности и рекомендации по освоению оползнеопасных склонов;

методы прогноза вторичных сейсмообусловленных факторов на территории г. Алматы.

метод оценки устойчивости оползнеопасных склонов с учетом рельефа местности, минералогического и гранулометрического составов пород, геолого-генетических комплексов, крутизны склонов, физико-механических характеристик горных пород, интенсивности землетрясений.

**Программа «Модернизация сети сейсмических наблюдений и организация локального сейсмомониторинга».**

**Тема: Организация электрометрических наблюдений в локальных зонах охвата землетрясения.** Руководитель д.т.н. – М. М. Рахымбаев.

1. На основании изучения тектонических и сейсмических материалов Заилийско-Кунгейской сейсмоактивной зоны и исходя из ее блочного тектонического строения был сделан выбор Кунгей-Чарынского тектонического блока для проведения опытно-методических работ по картированию активных разломов методом импульсной электрометрии.

2. В целях изучения геоэлектрического разреза верхних слоев земной коры, мониторинга изменения проводимости глубинных информативных слоев земной коры (зон ВОЗ) с последующим решением задач прогнозирования землетрясений выполнены полевые электромагнитные зондирования по 6 профилям через зону Чиликского разлома.

3. Проведены обработка и интерпретация материалов полевых экспериментов метода ЗС.

4. Получены особенности распределения геоэлектрического разреза в очаговых зонах землетрясений.

**Тема: Организация комплексных сейсмологических и перманентных GPS-наблюдений.** Руководитель к.г.-м.н. – А.Б. Оспанов

1. Проведен анализ локальной и перманентной сетей GPS-наблюдений на Алматинском полигоне.

2. Рекомендовано развитие сети высокоточных GPS-наблюдений.

3. Разработаны требования к обработке спутниковых GPS-наблюдений локальной и перманентной сетей.

4. Проведена оцифровка аналоговых записей сильных землетрясений.

5. Получены параметры по оценке НДС напряженного деформационного состояния земной коры Северного Тянь-Шаня.

**Тема: Разработка среднесрочного прогноза для Алматинского региона с использованием новых данных режимных наблюдений.** Руководитель – академик НАН РК А. К. Курскеев.

Разработан метод выделения предвестниковых аномалий различной срочности из наблюдаемых геополей.

Получены алгоритмы и программные средства для реализации средне- и краткосрочного прогноза землетрясений в условиях Алматинского прогностического полигона.

Достигнут значительный прогресс в среднесрочном прогнозе в результате комплексирования и адаптирования программы RTL по данным анализа многолетнего сейсмологического материала.

Программа RTL апробирована на материалах известных сильных землетрясений.

Обоснована возможность включения в перечень материалов для среднесрочного прогноза ряда параметров наблюдений гидрогеохимического и гидрогеодинамического полей, УПВ (Q), аномальных вариаций кремнезема и CO<sub>2</sub> в подземных водах, а также некоторых показателей геомагнитного поля и наклонов земной поверхности.

В составлении средне- и краткосрочных прогностических заключений задействована современная компьютерная ГИС-технология и 3D-модели пространственно-временного развития предвестников.

Усовершенствованы методики прогноза сильных землетрясений на основе сейсмологических комплексных данных.

**Тема: Разработка корпоративного банка данных «Сейсмология Республики Казахстан» и ГИС-технологии для решения задач модернизации и прогнозирования.** Руководитель – академик МАМР Е. Н. Нусипов.

1. Осуществлены упорядочение и каталогизация объектов, картографических материалов, картографической информации и начата их векторизация. В качестве наиболее эффективного инструмента для сбора, сохранения и анализа большого объема различной информации в базах данных выбраны геоинформационные системы.

2. Создана рабочая версия банка данных.
3. Составлены карты геолого-географического сейсмологического содержания в масштабах 1:5 000 000 и 1:2 500 000.
4. Продолжено формирование атрибутивных статистических и справочных данных о природных, техногенных объектах изучения и картографирования, а также вспомогательной информации.
5. Продолжено создание компьютерной базы знаний, структурно входящей в ГИС и включающей сведения об объектах территории Республики Казахстан: физико-географические особенности; поверхностные и подземные воды; размещение промышленных объектов; наличие нефте- и газопроводов; транспортная сеть и др.
6. Созданы базовые карты в компьютерной геоинформационной системе – ведомственные картографические (топографические) основы в масштабах 1:5 000 000 и 1:2 500 000.
7. Осуществлены ввод в геоинформационную систему сейсмологических событий и привязка их к базовой карте.
8. Начато наполнение баз данных картографической и атрибутивной информацией.
9. Определены состав информации в разрезе баз данных и перечень разрабатываемых карт.
10. Создана первая очередь банка сейсмологической информации РК, которая позволяет хранить, управлять и выполнить ГИС-проекты, связанные с моделированием и прогнозированием сейсмологической опасности.

**Тема: Прогнозирование развития капитального строительства в регионах добычи и переработки углеводородного сырья, рекомендации по снижению последствий техногенных катастроф.** Руководитель – д.т.н. Т. Абаканов.

Проведен системный анализ данных инженерного обследования последствий различных разрушительных землетрясений.

Выявлено, что степень повреждения строительных объектов и количественный показатель

разрушенных зданий и сооружений зависят от интенсивности землетрясений, конструктивных решений строительных объектов, геометрических размеров, этажности, вида материалов, использованных при их строительстве, а также от локальных грунтовых условий территорий застройки.

Установлено, что при разрушительном землетрясении в изосейстовых зонах одинаковой балльности степень разрушения строительных объектов одинаковой конструкции и геометрических размеров зависит от локальных грунтовых условий и пространственной ориентации продольной оси зданий или сооружений к направлению воздействия сейсмической волны.

Установлено, что уязвимость людей зависит от их пребывания в зданиях различного назначения, принятых конструктивных схем здания и материалов конструкций, времени суток, а также стойкости и способности человека противостоять воздействию поражающих факторов.

Предложен принцип сбора и обработки информации для оценки возможного материального ущерба в случае возникновения техногенных катастроф в регионах интенсивной добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья, состоящий в оценке влияния множества факторов:

сейсмической опасности и сейсмического риска;

особенностей природы тектонических движений земной коры в регионе, наличия тектонических разломов, классификации разломов по характеру нарушения сплошности массива и т. п.;

инженерно-геологических, геологических, геоморфологических и гидрогеологических факторов и условий;

опасности возникновения вторичных сейсмообусловленных факторов: очагов пожаров, взрывов, оползней, обвалов и т.п.;

характера и особенностей застройки промышленно-селитебных зон на территориях углеводородного сырья.