



Сайт журнала: https://agrarianhistory.com/O_zhurnale

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РОССИИ: ИСТОРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОГНОЗЫ

Грошев Михаил Дмитриевич¹, Грошев Александр Дмитриевич²

¹Кандидат педагогических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября 84, Воронеж, Россия, E-mail: pogexpert-ad@yandex.ru

²Кандидат педагогических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября 84, Воронеж, Россия, E-mail: pogexpert-ad@yandex.ru

Аннотация

В статье показано, что в Российской Федерации действует Единая система сейсмических наблюдений (ЕССН). В ее состав входят станции, размещенные в разных частях страны, и аналитические центры, основной целью которых является создание долгосрочных прогнозов. За мониторинг сейсмической активности на пространстве России и стран СНГ отвечает Среднеазиатский региональный центр прогноза землетрясений, функционирующий при Институте сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Таджикистана. Оперативным узлом служит и Кавказский региональный центр, расположенный в Тбилиси. Дополнительно научные исследования осуществляет территориальный прогностический центр на Камчатке. Решение вопросов среднесрочного прогнозирования считается более трудным. В этой области прогностический горизонт сокращается до нескольких недель, и каждый день приобретает ключевое значение для сбора и анализа данных, что требует внедрения автоматизированных прогностических комплексов. Отдельные компоненты подобных систем уже применяются в ряде регионов России.

Ключевые слова: земля, разлом, здание, фундамент, район.

I. ВВЕДЕНИЕ

Изучение доступной информации позволяет выделить возможные области зарождения и ожидаемую мощность перспективных сейсмических событий. Эта деятельность фундаментальна для создания карт сейсмического районирования России, результатом которых являются регламентирующие документы и строительные нормы, предназначенные для обеспечения надежности сооружений.

Совокупность технических мер по противодействию землетрясениям включает строгий контроль строительных процессов, установку непрерывных железобетонных укреплений по уровню этажей, регулирование высоты зданий, предпочтение простых архитектурных конфигураций, близких к квадрату или окружности, а также иные приемы.



Значительная по площади область сейсмического риска в России простирается от Карпатских гор до Камчатского полуострова. В пределах Кавказа повышенная сейсмичность сосредоточена главным образом в центральном секторе Закавказья, вблизи населенных пунктов Ахалкалаки, Ахалцихе, Гори и Ленинакан. Наиболее сильными подземными толчками здесь в минувшем веке были Ахалкалакское (1900), Шемахинское (1902), Горийское (1920), Ленинаканское (1926, 1988), Зангезурское (1931) и Ереванское (1937) землетрясения. Для этой территории характерны события с небольшой глубиной расположения гипоцентров, а область, где толчки ощущаются заметно, обычно имеет ограниченные размеры. Центральные акватории Черного и Каспийского морей считаются устойчивыми, но вдоль их границ, в зоне материкового склона, отмечается высокая концентрация сейсмических источников.

Особенностью сейсмического режима Средней Азии является наличие глубокофокусных очагов в Памирском регионе. Это приводит к различиям в проявлении землетрясений между Памиром и Тянь-Шанем, что объясняется неодинаковым геологическим строением и историей формирования: Памир представляет собой молодую складчатую область, а Тянь-Шань обладает древним фундаментом. В горных системах, расположенных между Тянь-Шанем на юго-западе и Саянами на востоке, подземные толчки регистрируются широко, однако их мощность и частота ниже, чем в среднеазиатском регионе. Самыми существенными событиями в этой зоне считаются землетрясения 1898 и 1903 годов в окрестностях Новокузнецка (ранее известного как Сталинск).

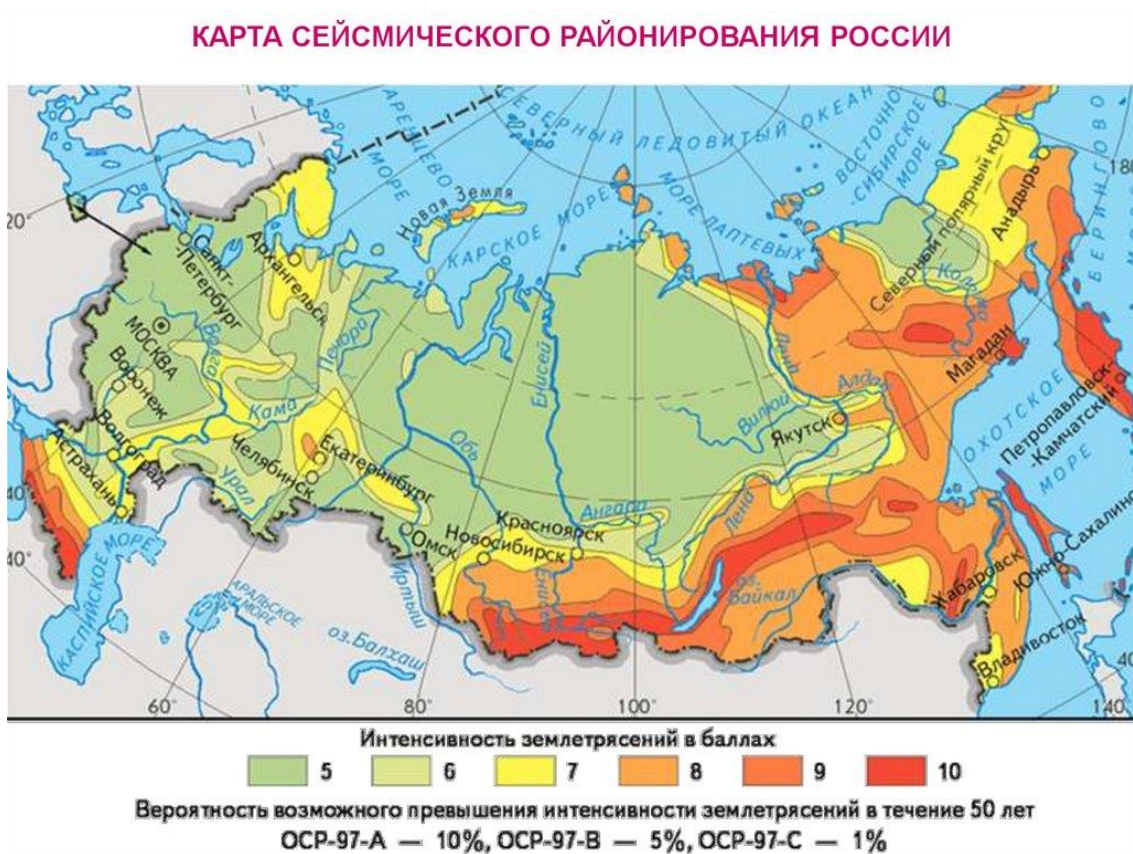
Прибайкальский регион отличается значительной сейсмической активностью, которая наиболее выражена в его южной части. Подземные толчки зарождаются в протяженной узкой зоне, ориентированной согласно направлению тектонических депрессий. Эта активная полоса начинается юго-западнее озера Хубсугул, проходит через Иркутскую и Тункинскую котловины, акваторию Байкала и Баргузинскую долину. Локальные землетрясения в этой области могут иметь высокую интенсивность, примером служат события в Кударе (1903 г.) и Моинды (1949 г.). К востоку от этой зоны толчки происходят менее часто и характеризуются меньшей энергией.

В Приморье, и особенно на Сахалине, отмечается повышенная сейсмичность, где возможны толчки до семи баллов. Подобные по силе толчки регистрировались также в Магаданской области и в районе Верхоянского хребта. На Камчатке и Курильских островах тектонические землетрясения происходят регулярно и могут достигать чрезвычайной мощности; здесь также наблюдаются вулканические толчки, порождающие разрушительные цунами.

При подводных сейсмических событиях такие волны, перемещаясь с большой скоростью, воздействуют на низкие побережья, приводя к катастрофическим последствиям, как это было в 1923 году у Усть-Камчатска. Зона высокой сейсмичности отклоняется от Верхоянского хребта в северо-западном направлении. Она протягивается через арктические архипелаги, достигая Шпицбергена и Исландии. На пространных сибирских равнинах и в европейской части России подземные толчки практически не фиксируются. Здесь лишь иногда отмечаются слабые воздействия от мощных землетрясений с юга или незначительные локальные колебания, обусловленные карстовыми явлениями (на севере Европейской России, Урале и в Донбассе). Согласно картографическим данным, территории с разной степенью сейсмической опасности соотнесены с соответствующими географическими регионами.

Для того, чтобы отслеживать происходящие землетрясения была подготовлена карта сейсмического районирования, разработанная в Геофизическом институте РАН, после чего она была утверждена Правительством Российской Федерации в качестве официального нормативного документа.

Она устанавливает для каждого населенного пункта в зонах повышенного риска исходную балльность — предполагаемую интенсивность возможных подземных толчков. Эта карта разделяет территорию на области с различной степенью опасности, имеющие четкие границы.



В Российской Федерации действует Единая система сейсмических наблюдений (ЕССН). В ее состав входят станции, размещенные в разных частях страны, и аналитические центры, основной целью которых является создание долгосрочных прогнозов. За мониторинг сейсмической активности на пространстве России и стран СНГ также отвечает

Среднеазиатский региональный центр прогноза землетрясений, функционирующий при Институте сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Таджикистана. Оперативным узлом служит и Кавказский региональный центр, расположенный в Тбилиси. Дополнительно научные исследования осуществляет территориальный прогностический центр на Камчатке. Решение вопросов среднесрочного прогнозирования считается более трудным. В этой области прогностический горизонт сокращается до нескольких недель, и каждый день приобретает ключевое значение для сбора и анализа данных, что требует внедрения автоматизированных прогностических комплексов. Отдельные компоненты подобных систем уже применяются в ряде регионов.

Наибольшие трудности возникают при краткосрочном прогнозе. Здесь временные рамки сужаются до суток или часов. Требуется наладить оперативный обмен информацией, обеспечивающий поступление данных со станций наблюдения в аналитический центр практически мгновенно. Полноценные системы краткосрочного прогнозирования до сих пор не созданы, но технические возможности для их внедрения в настоящее время уже существуют.

II. ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

На сегодняшний день как в России, так и в других странах отсутствуют созданные системы и методики, позволяющие осуществлять сверхкраткосрочный (на несколько часов) прогноз.



Самая первая, пусть и методологически несовершенная, попытка применить сейсмический метод с использованием взрывчатых веществ для изучения геологического строения была предпринята Робертом Маллетом в 1848 году.

В отсутствие сейсмографов, учёный попытался фиксировать колебания от взрыва на удалении примерно в милю посредством простейшего сейсмоскопа.

В этом первом поколении исследователей, вероятно, наиболее весомый вклад принадлежит князю Борису Голицыну.

Князь Б. Б. Голицын изложил ключевые принципы организации сейсморазведочных работ в сжатой форме. "Геологическая природа и физические параметры пластов, сквозь которые проникают сейсмические колебания, бесспорно воздействуют на ориентацию плоскости поляризации. Чтобы изучить скорости прохождения продольных и поперечных волн в верхних частях земной коры, а также исследовать их разнообразные свойства, крайне ценно и полезно было бы провести точные замеры с помощью специально настроенных сейсмографов во время искусственно вызванных подземных толчков, например, при детонации значительных зарядов динамита, устанавливая аппаратуру вблизи эпицентра и на разных удалениях от него. Безусловно, скорость распространения волн в существенной мере определяется физическими характеристиками поверхностных слоёв; так, в вулканических породах эти значения будут радикально отличаться от таковых в песках или иных осадочных отложениях".

В современной геофизике сейсмические подходы по праву занимают ведущее место и широко используются для решения многочисленных прикладных задач. Б.Б. Голицын выдвигал идею развертывания сети станций для фиксации волн от мощных взрывов, и в наше время подобные наблюдения стали обычной практикой. Информацию о глубинном строении Земли также эффективно извлекали из записей подземных ядерных испытаний. Эта критическая позиция имела практическое следствие: исследователь предложил оценивать макросейсмические эффекты, основываясь на значениях ускорений колебаний грунта. Он считал, что для беспристрастного определения силы макросейсмических явлений, аналогично микросейсмическим, необходимы данные о максимальных ускорениях земли. Только при наличии такой информации можно беспристрастно определить мощность толчка в различных местах области наибольших разрушений и построить корректные изосейсты - линии равной интенсивности. В настоящее время эти методы потеряли свою значимость, однако оценка интенсивности сейсмических колебаний всё ещё основывается на системе условных градаций. В своих исследованиях Б.Б. Голицын разработал и теоретически обосновал объективную шкалу для установления макросейсмической интенсивности, где сила сотрясения определялась по углу отклонения эталонных грузов различной массы. В дальнейшем ученым было создано и тщательно исследовано устройство для непосредственной фиксации колебаний. Основным усовершенствованием явилось использование пьезоэффекта кварца, позволяющего преобразовывать механические колебания в электрические импульсы.

Учёный изучил сложности записи мгновенных значений ускорения при хаотичном воздействии и обосновал потребность в "системе, лишённой значительной подвижности и свободной от собственного периода колебаний". Решением, как он полагал, мог стать физический эффект, в полной мере отвечающий этим условиям. В своих работах Б.Б. Голицын также первым выдвинул концепцию применения кварца для фиксации переменного давления в двигателях внутреннего сгорания. В середине XX века, благодаря прогрессу в области полупроводниковых технологий, идеи учёного вновь обрели актуальность, что дало импульс активному развитию аппаратуры для сейсмометрии на основе пьезоэлектрических датчиков. Цель прогнозирования сейсмической активности заключалась в последовательном определении вероятного места, времени и мощности предстоящих землетрясений. Принципы предсказания землетрясений были основаны на выявлении аномальных изменений геофизических полей, фиксации параметров этих аномалий и последующем анализе полученных сведений.



Характер и распределение сейсмических толчков различной мощности могут являться важным индикатором надвигающегося сильного землетрясения. Нередко крупному событию предшествует серия более слабых подземных колебаний. Чтобы обнаруживать и фиксировать подобные процессы, требуется разветвленная система станций наблюдения, оснащенных аппаратурой для обработки получаемой информации. Методы контроля подвижек земной поверхности включают наземные геодезические способы, использующие принцип триангуляции, а также данные со спутников на орбите. Лазерное сканирование активно используется в геодезии для выполнения высокоточных замеров. Ввиду значительных финансовых затрат на повторное проведение работ подобные изыскания, как правило, осуществляются с промежутком в несколько лет. Вертикальные движения блоков земной коры контролируются методами точного нивелирования на суше, аналогичными приемами в акваториях, а также при помощи стационарных приборов для регистрации уровня воды — мареографов. Отмечаемые стабильные опускания или поднятия отдельных участков способны свидетельствовать о возможной опасности зарождения мощного сейсмического явления. Анализ возможного ущерба от землетрясений осуществляется с использованием специального методического аппарата. Его ключевой компонент — обращение к картам сейсмического районирования, которые обозначают гипотетические источники будущих подземных толчков. Для каждого такого источника конструируются модели изосейст — контуров, объединяющих точки с идентичной интенсивностью сотрясений, после чего оценивается вероятность нарушения целостности строительных объектов в границах пораженной области. Итоговый расчетный показатель для конкретной местности является сводным прогнозом потенциальных разрушений от всех рассматриваемых сейсмических событий за установленный временной интервал. Этот подход был создан исследователями Института физики Земли Российской академии наук. Результаты расчетов оформляются в виде характеристик сейсмического риска на период 20–25 лет. Методика базируется на представлении землетрясений в виде пуассоновского потока, не учитывая разрушающего воздействия повторных толчков (афтершоков) и в основном применяется для долгосрочной оценки возможных последствий сейсмической активности.

Основная доля несчастных случаев и гибели людей при землетрясениях происходит из-за ряда определяющих факторов.

- разрушение частей зданий: каменных стен, печных труб, карнизов, балконов, декоративных элементов, плит фасада, оконных переплетов, светильников;
- падение стеклянных осколков, особенно с верхних уровней многоэтажных строений;
- падение на дороги и тротуары электрических проводов, находящихся под напряжением;
- сдвиг и опрокидывание внутри зданий крупной мебели и тяжелой техники;
- возникновение возгораний из-за повреждения газопроводов и нарушений в электросетях;
- неправильные действия людей, вызванные паническим состоянием, и другие факторы.

Подземные толчки с интенсивностью до 5 баллов в большинстве случаев не приводят к серьезным разрушениям. При силе в 5–6 баллов необходимо принимать во внимание их специфику и сопутствующие риски. При землетрясениях мощностью семь баллов и более, особенно достигающих восьми-девяти, интервал между начальными заметными толчками и фазой максимальных колебаний, несущих прямую угрозу целостности зданий, как правило, не превышает 15–20 секунд. Период наивысшей силы вибраций длится десятки секунд, подвергая конструкции предельному напряжению.

Затем интенсивность сотрясений плавно спадает на протяжении примерно тридцати секунд или дольше.

В случае мощных подземных толчков сооружение рискует утратить несущую способность, что может вызвать обрушение перекрытий или ключевых стеновых конструкций. В этих условиях оперативный выход из здания часто сопряжен с меньшей опасностью, чем выбор остаться в помещении в надежде переждать стихийное явление.



При мощных подземных толчках конструкции, содержащие открытый огонь, часто подвергаются полному уничтожению. Вероятность подобных происшествий особенно высока в холодное время года в регионах, где традиционно используют печное или каминное отопление. Непосредственную угрозу для жизни создают не только полностью уничтоженные отопительные устройства, но и появившиеся в них дефекты - трещины и разломы. Поврежденные дымовые пути могут стать причиной проникновения в комнаты угарного газа, который не имеет цвета и запаха, что делает его идентификацию возможной лишь с помощью специализированных датчиков. В случаях, когда в индивидуальных жилых строениях не размещены устройства пожарного оповещения, утечка этого токсичного соединения может остаться незамеченной.

Большинство современных домов обеспечены подключением к электрическим сетям. В их структуре также присутствует разветвленная система кабелей, непрерывно находящихся под рабочим напряжением. В ходе сейсмической активности эта электросеть может подвергаться деформации и разрывам. Образующиеся вследствие этого замыкания в цепи способны вызвать воспламенение различных предметов, не отличающихся значительной устойчивостью к огню.

Разрушение герметичности емкостей, содержащих горючие жидкости или газы во время землетрясений, представляет еще один источник серьезных пожаров. Данные субстанции способны загореться даже от небольшой искры, порожденной, например, статическим электричеством.

В регионах с повышенной сейсмической опасностью, чтобы снизить человеческие потери и количество пострадавших, требуется заблаговременная подготовка, предусматривающая:

- Определение пути для быстрого покидания здания, учитывая крайне короткое время до наступления самых сильных колебаний. Принимая возможность землетрясения ночью, а также потенциальную блокировку главных выходов и лестничных клеток из-за большого скопления людей, нужно заранее продумать другие варианты.

- Особую угрозу создают крупные оконные проемы и непрочные внутренние стены, помещения в угловой части здания (в первую очередь на верхних уровнях), а также зоны, прилегающие к лифтовым шахтам.

- Регулярная проверка состояния электросети, водоснабжения и газовых магистралей. Каждому совершеннолетнему человеку необходимо уметь перекрывать подачу воды, газа и электричества в своей квартире, в подъезде и во всем здании. Также важно владеть базовыми навыками оказания доврачебной помощи, в частности при получении разнообразных травм.

- Сбор базового комплекта самых необходимых предметов и его размещение в точке, известной каждому члену семьи. В набор входят: радио с независимым источником энергии; запасы воды и продуктов с длительным сроком хранения на 3–5 дней; аптечку с увеличенным количеством бинтов и лекарствами для людей с постоянными болезнями; ручной фонарик, огнетушитель и ящик с песком.

- Подготовку ключевых документов для размещения в одном легко доступном месте около выхода. Там также рекомендуется хранить готовый рюкзак, включающий фонарь, компактный топор, спички, минимальный набор пищи, медицинские средства, свечи, а также дополнительную сезонную одежду и обувь для каждого.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На значительной части территории России сейсмическая обстановка остаётся спокойной. Тем не менее, вопросам мониторинга и предсказания подземных толчков уделяется пристальное внимание. Специализированные научные центры непрерывно развивают подходы к анализу возможной опасности, способной проявиться как в ближайшем, так и в отдалённом будущем.



Ключевая задача исследований заключается в определении возможных очагов грядущих землетрясений и прогнозировании их интенсивности.

Несмотря на преобладающую небольшую сейсмичность, для населения уязвимых районов крайне необходимо знание базовых правил поведения во время и после подземных толчков. Такая грамотность может значительно снизить риски для людей при наступлении данного природного явления, возникающего редко, но несущего колоссальную разрушительную силу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы). М.: ИНЭК, 2005. 252 с.

Антоновская Г.Н. Особенности построения Архангельской системы сейсмического мониторинга. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Матер. Девятой Межд. Сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 41-45.

Белоглазов А.В. Автоматическая система контроля и диагностики гидроагрегатов. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока: Научный журнал. Специальный выпуск Номер 1. Новосибирск, изд-во НГАВТ, 2009. С. 127-130.

Данилов К.Б., Афонин Н.Ю., Кошкин А.И. Строение трубки "Пионерская" Архангельской алмазонасной провинции по данным комплекса пассивных сейсмических методов. Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2017. Номер 2. Выпуск 34. С. 90-98.

Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Басакина И.М., Пудова И.В. Сейсмометрические методы определения состояния сооружений и допустимых нагрузок от вибровоздействий. Жилищное строительство. 2013. Номер 9. С. 30-33.

Кондратьев В.Г. Опыт строительства и проблемы стабилизации земляного полотна Цинхай-Тибетской железной дороги на участках вечной мерзлоты. Транспорт Российской Федерации. Номер 6 (25). 2009. С. 52- 55.

Лисейкин А.В., Селезнев В.С., Бах А.А., Кречетов Д.В. Об изменении значений собственных частот плотины Саяно-Шушенской ГЭС при различных уровнях наполнения водохранилища. В сборнике: Геофизические методы исследования земной коры Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Пузырёва. 2014. С. 182-186.

Махутов Н.А., Гаденин М.М., Лебедев М.П., Аммосов А.П., Захарова М.И., Пермьяков П.П., Глязнецова Ю.С., Лифшиц С.Х. Особенности возникновения чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне России и пути их парирования на основе концепции риска. Арктика: экология и экономика Номер 1 (13), 2014. С. 10-29.

Мишаткин В.Н. Системы сейсмических наблюдений. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн.1 Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. С. 67-93.

Панасенко Г.Д. Сейсмические особенности северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука, 1969. 184 с.

Пашкин Е.М. Инженерная геология: Учебное пособие. М.: Архитектура, 2005. 264 с.

Савич А.И., Куянджич Б.Д., Коптев В.И. и др. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений. М.: Недра, 1990. 463 с.

Соболев Г.А., Васильев В.Ю. Особенности группирования эпицентров слабых толчков перед сильными землетрясениями Кавказа. Изв. АН СССР. Физика Земли. 1991. Номер 4. С. 24-36.



SEISMIC SITUATION IN RUSSIA: HISTORICAL FEATURES AND FORECASTS

Groshev, Mikhail Dmitrievich¹, Groshev, Alexander Dmitrievich²

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, 84, 20 years of October Street, Voronezh, Russia, E-mail: pogexpert-ad@yandex.ru

²Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, 84, 20 years of October Street, Voronezh, Russia, E-mail: pogexpert-ad@yandex.ru

Abstract

The article demonstrates that the Unified Seismic Observation System (ESSN) operates in the Russian Federation. It comprises stations located throughout the country and analytical centers whose primary purpose is to generate long-term forecasts. The Central Asian Regional Earthquake Forecasting Center, operating under the Institute of Earthquake Engineering and Seismology of the Academy of Sciences of Tajikistan, is responsible for monitoring seismic activity in Russia and the CIS. The Caucasus Regional Center, located in Tbilisi, also serves as an operational hub. A territorial forecasting center in Kamchatka also conducts research. Addressing medium-term forecasting issues is considered more challenging. In this area, the forecast horizon is reduced to several weeks, and each day becomes crucial for data collection and analysis, necessitating the implementation of automated forecasting systems. Individual components of such systems are already being used in a number of regions of Russia.

Keywords: earth, fault, building, foundation, region.

REFERENCE LIST

Adushkin V.V., Turuntaev S.B. Tekhnogennyye processy v zemnoj kore (opasnosti i katastrofy). M.: INEK, 2005. 252 s.

Antonovskaya G.N. Osobennosti postroeniya Arhangel'skoj sistemy sejsmicheskogo monitoringa. Sovremennyye metody obrabotki i interpretacii sejsmologicheskikh dannyh. Mater. Devyatoj Mezhd. Sejsmologicheskoy shkoly. Obninsk: GS RAN, 2014. S. 41-45.

Beloglazov A.V. Avtomaticheskaya sistema kontrolya i diagnostiki gidroagregatov. Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka: Nauchnyj zhurnal. Special'nyj vypusk Nomer 1. Novosibirsk, izd-vo NGAVT, 2009. S. 127-130.

Danilov K.B., Afonin N.YU., Koshkin A.I. Stroenie trubki "Pionerskaya" Arhangel'skoj almazonosnoj provincii po dannym kompleksa passivnyh sejsmicheskikh metodov. Vestnik KRAUNC. Nauki o Zemle, 2017. Nomer 2. Vypusk 34. S. 90-98.

Kapustyan N.K., Antonovskaya G.N., Basakina I.M., Pudova I.V. Sejsmometricheskie metody opredeleniya sostoyaniya sooruzhenij i dopustimyh nagruzok ot vibrovozdeystvij. ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2013. Nomer 9. S. 30-33.



Kondrat'ev V.G. Opyt stroitel'stva i problemy stabilizacii zemlyanogo polotna Cinhaj-Tibetskoj zheleznoj dorogi na uchastkah vechnoj merzloty. Transport Rossijskoj Federacii. Nomer 6 (25). 2009. S. 52- 55.

Lisejkin A.V., Seleznev V.S., Bah A.A., Krechetov D.V. Ob izmenenii znachenij sobstvennyh chastot plotiny Sayano-SHushenskoj GES pri razlichnyh urovnjah napolneniya vodohranilishcha. V sbornike: Geofizicheskie metody issledovaniya zemnoj kory Materialy Vserossijskoj konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N.N. Puzyryova. 2014. S. 182-186.

Mahutov N.A., Gadenin M.M., Lebedev M.P., Ammosov A.P., Zaharova M.I., Permyakov P.P., Glyaznecova YU.S., Lifshic S.H. Osobennosti vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij v Arkticheskoj zone Rossii i puti ih parirovaniya na osnove koncepcii riska. Arktika: ekologiya i ekonomika Nomer 1 (13), 2014. S. 10-29.

Mishatkin V.N. Sistemy sejsmicheskikh nablyudenij. Zemletryaseniya i mikrosejsmichnost' v zadachah sovremennoj geodinamiki Vostochno-Evropejskoj platformy. Kn.1 Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2007. S. 67-93.

Panasenko G.D. Sejsmicheskie osobennosti severo-vostoka Baltijskogo shchita. L.: Nauka, 1969. 184 s.

Pashkin E.M. Inzhenernaya geologiya: Uchebnoe posobie. M.: Arhitektura, 2005. 264 s.

Savich A.I., Kuyundzhich B.D., Koptev V.I. i dr. Kompleksnye inzhenerno-geofizicheskie issledovaniya pri stroitel'stve gidrotekhnicheskikh sooruzhenij. M.: Nedra, 1990. 463 s.

Sobolev G.A., Vasil'ev V.YU. Osobennosti gruppirovaniya epicentrov slabych tolchkov pered sil'nymi zemletryaseniyami Kavkaza. Izv. AN SSSR. Fizika Zemli. 1991. Nomer 4. S. 24-36.