

**ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ
УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ****Шевцова Екатерина Владимировна**

студент, Московский государственный строительный университет, РФ, г. Москва

В статье исследуется история развития сейсмологии и российских технологий сейсмостойкости, охватывающей ключевые этапы развития сейсмологии в России с XVIII века до современности. Материал даёт описание первых наблюдений землетрясений, установку сейсмографов, вклад выдающихся российских учёных в сейсмологию и развитие сети сейсмологических станций в XX веке. В работе дана характеристика влияния постсоветского периода на интеграцию в международное сообщество и внедрение современных сейсмостойких технологий. Статья обобщает практический опыт и значимость российской науки в области сейсмологии и исследований сейсмостойкости, а также актуальных усилий по прогнозированию землетрясений. Рассматриваемая тема будет интересна специалистам в области сейсмологии и сейсмостойкости.

Сейсмология – раздел геофизики, наука, изучающая землетрясения, их природу, причины возникновения и последствия, и позволяющая исследовать глубинное строение, физические свойства и динамику недр Земли [1]. Основополагающими носителями сейсмологической информации – это упругие колебания, возникающие посредством землетрясений, взрыва или удара и распространяющиеся с затуханием без нарушения сплошной среды. Большинство домов, построенных в России способны выдержать землетрясение в 6 баллов, остальные, которые выстоят 7-бальное, называются сейсмоустойчивыми. Важность развития сейсмологии для России обусловлена расположением ее территории в сейсмически-активных зонах, таких как Северный Кавказ, Алтай, Саяны, Курилы, Камчатка, Приамурье, Байкальская зона [1]. Становление и развитие российской сейсмологии берет свое начало с 19-го века и проходит несколько ключевых этапов.

Сейсмология как наука зародилась, когда были изобретены первые сейсмографы – это приборы, регистрирующие сейсмические колебания, конец 19-го века. До этого учёные и естествоиспытатели вели наблюдательскую практику: описание характера колебаний почвы при землетрясении, степень разрушения, и явления, сопровождающие и предвещающие – свечение небе, подземный гул, поведение животных [2]. Основные цели и задачи сейсмологии представлены в таблице 1.

Таблица 1.**Основные цели и задачи сейсмологии**

№ п/п	Основные цели сейсмологии	Основные задачи сейсмологии
1	Изучение причин землетрясений	Анализ тектонических процессов, движений плит, вулканической активности, других факторов, вызывающих сейсмические события
2	Регистрация и анализ сейсмических волн	Использование сейсмометров для регистрации волн, возникающих при землетрясениях, и их анализ для определения характеристик события (магнитуда, глубина, эпицентр)
3	Прогнозирование землетрясений	Исследование закономерностей и моделей сейсмической активности, предсказания возможных будущих землетрясений
4	Оценка сейсмического риска	Оценка вероятности возникновения землетрясений в определенных районах, оценка их потенциального воздействия на инфраструктуру и население

5	Разработка методов защиты	Создание рекомендаций по строительству и укреплению зданий и сооружений чтобы минимизировать ущерб от землетрясений
6	Изучение сейсмических явлений	Исследование различных типов сейсмических волн (Р-волны, S-волны) поведения в различных геологических условиях
7	Сейсмическая томография	Применение методов томографии для изучения внутреннего строения выявляя аномалии в ее структуре
8	Обучение и просвещение	Повышение осведомленности населения о рисках, связанных с землетрясениями и обучение методам безопасности

Российская сейсмология берет свое начало от академика Императорской Академии наук Бориса Борисовича Голицына, внёсшего большой вклад в развитие этой науки. Основатель инструментальной сейсмологии, обеспечил переход от наблюдений сейсмических явлений к их анализу и прогнозу [3]. Но и до Голицына отдельные ученые и естествоиспытатели задавались вопросами изучения – этого природного стихийного явления. Дадим характеристику основным периодам развития сейсмологии.

Первый период (конец 19 в. – 1906г) называется доголицынским. Появляются первые приборы низкочувствительных оптических и механических, не имеющие затухания. Толчком для исследования инструментальных наблюдений послужили несколько сильных землетрясений [2], а именно Цаганское 1862г, Беловодское 1885г, Верненское 1887г, Шемахинские 1859, 1872гг, которые сопровождались огромным количеством жертв населения. Соответственно, решался вопрос инструментальных наблюдений за землетрясениями. 25 января 1900г – учреждена Постоянная Центральная Сейсмическая Комиссия при Императорской Академии наук, ранее именовалась Сейсмической комиссией, созданная по инициативе И.В. Мушкетова в 1888 г. В комиссию входил Б.Б. Голицын, ставший основоположником инструментальных наблюдений в России. ПЦСК реализовывала программы и инструкции по производству сейсмических наблюдений, обработке данных, занималась финансовым обеспечением сейсмических наблюдений. В 1902г ведутся наблюдения в Москве. К 1906г в России действовало 18 сейсмических станций, которые уже регистрировали землетрясения (около 3000). Не было определено ни одного эпицентра землетрясения на территории России по записям российских сейсмических станций, из-за неудовлетворительного качества оборудования и редкой сети станций [3].

Второй период (1907-1927 гг.) называют голицынским. Реализуется идея Голицына Б.Б. о создании двух классов станций: для регистрации и изучения удаленных землетрясений (телесеismicкие) и для регистрации сильных близких землетрясений (региональные). К 1927 году в России работало 7 станций первого класса и 14 станций второго [2]. В последствии Голицын Б.Б. создал новый метод определения координат эпицентра по исходным данным одной станции. И впервые была произведен анализ энергии землетрясения по колебаниям на сейсмограмме. Но по прежнему задача полностью не была решена: оценка сейсмичности отдельных территорий России [3].

Третий период (1928-1947 гг.) характеризуется началом интенсивного развития региональных сейсмических наблюдений. По мере освоения Сибири, Средней Азии, Казахстана и Юга страны необходимо было сейсмическое районирование этих территорий. Создаются региональные станции и сейсмологические экспедиции. Никифоров П.М. - директор организованного в 1929 году в Ленинграде Сейсмологического института АН СССР - разработал новый аппарат с прямой оптической регистрацией [4]. В период Великой Отечественной войны 1941- 1945гг многие станции на Европейской территории СССР либо не работали, либо работали с большими перерывами. В эти же годы Горшковым Г.П. были составлены первые карты сейсмического районирования. С 1928г Сейсмологический институт АН СССР начинает выпускать сводный кварталный бюллетень сети телесеismicких станций.

Четвертый период (1948-1956 гг.) развития сейсмологии и сейсмических наблюдений проходил под воздействием последствий катастрофического Ашхабадского землетрясения 6 октября 1948 года. Землетрясение не было качественно зафиксировано. В 1949г в специальном постановлении правительство страны признало необходимым значительно

расширить и организационно укрепить работы в области сейсмологии и сейсмостойкого строительства [2]. Было положено начало созданию в АН СССР службы срочных донесений о сильных и разрушительных землетрясениях. К осени 1948 г Совет по сейсмологии утвердил структуру сети сейсмических станций. Интенсивно идёт развитие узкоспециализированных сейсмических приборов. Для регистрации сильных землетрясений (6-7 баллов и более) был разработан сейсмограф СМР-П. Для регистрации разрушительных землетрясений Кирносом Д.П. был разработан акселерометр СРЗ [4]. Для решения актуальных задач сейсмостойкого строительства Медведевым С.В. был разработан сейсмометр СБМ. Расширение сети сейсмических станций и оснащение станций более чувствительной аппаратурой позволили не только значительно увеличить число регистрируемых землетрясений, но и повысить надежность и точность определения координат эпицентров и глубин очагов землетрясений. В 1955 году в связи с повышением числа ежегодно регистрируемых землетрясений и точности определения координат эпицентров была расширена структура «Бюллетеня сети сейсмических станций СССР». Он стал состоять из двух частей. В первую часть были включены сведения о землетрясениях на территории СССР, во второй - о землетрясениях за пределами СССР. В бюллетене начали помещать сведения о сейсмических станциях и установленной на них сейсмической аппаратуре [3].

Пятый период (1956-1977гг) характерен развитием в стране гидротехнического, промышленного, жилищного и транспортного строительства. Детализация сейсмоопасных районов России принудила повысить чувствительность аппаратуры, выбрать места с низким уровнем помех. Датчики стали размещать в штольнях или скважинах. Были разработаны и внедрены сейсмографы СКМ-3, СМ-3, УСФ [5]. В течение 1957-1977гг в различных регионах СССР было организовано около 180 региональных и опорных сейсмических станций. В середине шестидесятых годов в Обнинске была построена и начала функционировать центральная сейсмологическая обсерватория Института физики Земли АН СССР. Широкий набор аппаратуры позволял проводить исследования в области строения Земли, механизма очагов сильных землетрясений, разработки, создания и испытания новой аппаратуры. Обсерватория была научно-методическим центром по низкочастотным наблюдениям в стране. В результате получения новых сейсмологических данных возникла необходимость и возможность пересмотреть существующие карты сейсмического районирования 1968 г., а затем и 1978 г [3].

Шестой период (1978-1990 гг.) развития сейсмических наблюдений в СССР вновь был связан с произошедшими сильными разрушительными землетрясениями в Газли в апреле и мае 1976 г [6]. Значимым событием в системе сейсмических наблюдений в стране стал перевод станций на новую систему финансирования. В 1978 г. в целях усиления научных исследований в области сейсмологии в Академии наук СССР и союзных республиках была организована новая организационно-финансовая система, которая соединила положительные стороны производственного и научного режимов деятельности [7]. Развитие сети сейсмических станций после 1978 года характеризуется значительным ростом количества станций: открыто 12 опорных и 189 региональных станций. В таблице 2 приведена динамика развития сейсмической сети по выбранным нами периодам, по состоянию на 1 января 1990 г. насчитывалось около 468 станций [3].

Таблица 2.

Развитие сейсмической сети по периодам [3]

№ п/п	Период	Количество станций открыто	Количество станций работающих в кон
1	конец 19 в – 1906г	20	20
2	1907-1927гг	15	25
3	1928-1947гг	22	44
4	1948-1956гг	42	84
5	1956-1977гг	184	267
6	1978-1990гг	201	468

Для более эффективного решения фундаментальных и прикладных задач отечественной сейсмологии и с целью интеграции в процессы развития мировой сейсмологии Академия наук СССР в 1988г вступила в Международную федерацию цифровых сейсмических сетей и заключила соглашение с Корпорацией научно-исследовательских институтов по сейсмологии США (IRIS), предусматривающее оснащение ряда сейсмических станций СССР современной цифровой сейсмической техникой. Вступление Академии наук в Международную федерацию сейсмических сетей позволило одновременно, без существенных материальных затрат, решить задачу оснащения станций современной цифровой аппаратурой [3,8]. Сделан важный шаг на пути интеграции Российской сейсмической сети в Глобальную сейсмическую сеть.

Седьмой период (1991г - настоящее время) характеризуется распадом СССР. С распадом СССР единство сейсмической сети было нарушено, бывшие республики (страны СНГ) оказались в тяжелом финансовом положении, начался процесс закрытия станций, и работы по сейсмическому мониторингу находились под угрозой прекращения [3]. В России правительственными постановлениями в 1993-1994гг была создана федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений. 10 января 1994г появляется Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) — федеральное министерство, ведающее вопросами предотвращения чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий. В мае 1994г по инициативе вице-президента РАН академика Лаверова Н.П. принято постановление организовать Геофизическую службу РАН.

Восьмой период модернизация 2000-х: 3D-технологии и шельф.

В 2000-х годах началось возрождение отрасли. Компании «Лукойл» и «Роснефть» привлекли западных партнеров, таких как Schlumberger и CGG, для внедрения 3D-сейсморазведки. Трехмерные модели позволяли визуализировать месторождения с точностью до метра. В 2006 году на шельфе Сахалина было открыто Пильтун-Астохское месторождение, где запасы оценивались в 1 млрд баррелей нефти. Для работы в Баренцевом море использовались суда-сейсморазведчики, такие как «Академик Ферсман», оснащенные пневматическими пушками и донными сейсмокосями.

Девятый период: санкции и импортозамещение. Санкции 2014 года заставили Россию развивать собственные технологии. В 2016 году «Газпром нефть» представила платформу Cognitive Geoscience, использующую нейросети для анализа сейсмических данных. В 2020 году стартовал проект «Цифровой керн», создающий виртуальные модели пород для прогнозирования их свойств. Одновременно началось освоение Арктики: в 2017 году платформа «Приразломная» провела сейсморазведку подо льдами Карского моря, используя низкочастотные вибраторы и подводные дроны.

История развития российской сейсмологии и сейсмостойкости зданий — это путь от первых наблюдений до современных технологий сейсмостойкости зданий и международного сотрудничества. Россия продолжает оставаться важным центром исследований в области сейсмологии и сейсмостойкости зданий, что подтверждается активной работой ученых в этом направлении и развитием новых методов исследования сейсмостойкости зданий.

Список литературы:

1. Классификация особых систем и методов сейсмостойкости уникальных зданий и сооружений
2. Сейсмические наблюдения в России от до наших дней - Документ - стр. 1
3. О Е. Старовойт Инструментальные сейсмические наблюдения в России // Вестник Владикавказского НЦ РАН. 2004. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumentalnye-seysmicheskie-nablyudeniya-v-rossii> (дата обращения: 25.04.2025).
4. <http://lib.znate.ru/docs/index-22049.html>

5. Электронный ресурс

<http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004969000/rsl01004969073/rsl01004969073.pdf>

6. Электронный ресурс <http://lib.znate.ru/docs/index-22049.html>

7. Электронный ресурс

<http://dlib.rsl.ru/rsl01012000000/rsl01012888000/rsl01012888598/rsl01012888598.pdf>

8. Электронный ресурс

<http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002926000/rsl01002926562/rsl01002926562.pdf>